



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 693 468 A5

⑤ Int. Cl.⁷: G 01 B 011/24
B 65 H 007/14

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02489/98

②② Anmeldungsdatum: 16.12.1998

②④ Patent erteilt: 15.08.2003

④ Patentschrift
veröffentlicht: 15.08.2003

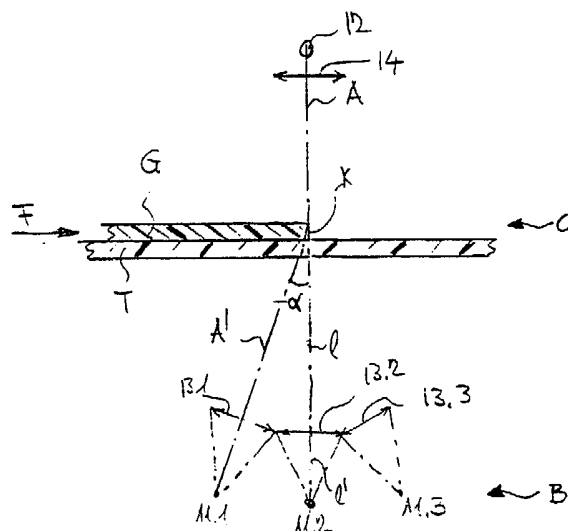
73 Inhaber:
HERA Rotterdam B.V., Max Euwelaan 61,
3062 MA Rotterdam (NL)

⑦2 Erfinder:
Peter U. Halter, Lachenackerstr. 34,
8500 Frauenfeld (CH)

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

54) Verfahren und Vorrichtung für die Detektion oder Lagebestimmung von Kanten.

57) Zur Detektion oder Lagebestimmung von Kanten (K) von Gegenständen (G) wird eine lichtschränkenartige Lichtquelle/Sensormittel-Anordnung verwendet, in der der durch die Lichtquelle (12) erzeugte Lichtstrahl an einer Objektebene (O) zu einer Lichtlinie (10) fokussiert wird. Ferner sind Mittel zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen dem Lichtstrahl und zu delektierenden Kanten (K) oder Gegenständen (G) vorgesehen, derart, dass zu delektierende Kanten (K) in der Objektebene (O) bewegt werden und dabei parallel zur Lichtlinie (10) ausgerichtet sind. Insbesondere zur Detektion von Kanten (K) von transparenten Gegenständen (G) sind Sensormittel (11.1–11.3) in einem Empfangsbereich (B) derart ausgerüstet, dass sie nicht nur Lichtintensitäten im Bereiche der Achse (A) des Lichtstrahles, sondern auch Intensitäten von Licht messen, das durch eine in der Objektebene (O) positionierte Kante (K) quer zur Lichtlinie (10) aus dem Lichtstrahl ausgelenkt wird. Durch die optische lokale Redundanz in der Objektebene (O) und/oder im Empfangsbereich (B) wird eine höhere Präzision und eine geringere Fehleranfälligkeit bei der Detektion oder Lagebestimmung von Kanten (K) erreicht.



Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiete der Sensortechnik und betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung nach den Oberbegriffen der entsprechenden unabhängigen Ansprüche. Verfahren und Vorrichtung dienen zur Detektion oder Lagebestimmung von Kanten oder von kantenartigen, schmalen Grenzflächen von Gegenständen, insbesondere von Kanten an sehr dünnen Gegenständen wie beispielsweise geschnittene Kanten an Papier oder Klarsichtfolien.

Es ist bekannt, Kanten von Gegenständen (und damit auch Gegenstände an sich) mit Lichtschranken zu delektieren (z.B. Kante bewegt sich relativ zur Lichtschranke) oder deren Position zu bestimmen (z.B. Lichtschranke bewegt sich relativ zur Kante). Dafür werden eine Licht aussendende Lichtquelle und ein im Strahlengang des ausgesandten Lichtes angeordnetes Lichtsensitives Mittel (Sensormittel) verwendet. Das Sensormittel liefert ein Sensorsignal, welches der auf das Sensormittel treffenden Lichtintensität entspricht. Wird nun ein Gegenstand zwischen Lichtquelle und Sensormittel durch den Lichtstrahl bewegt, so wird die vom Sensor gemessene Intensität reduziert, sobald eine vorlaufende Grenzfläche oder Kante des Gegenstandes den Lichtstrahl erreicht. Dann bleibt die gemessene Intensität auf dem reduzierten Wert, bis eine nachlaufende Grenzfläche oder Kante des Gegenstandes den Lichtstrahl passiert, in welchem Moment die gemessene Lichtintensität wieder auf ihren ursprünglichen Wert steigt. Die beiden Sprünge in der gemessenen Intensität des empfangenen Lichtes werden beispielsweise als die vorlaufende und die nachlaufende Grenzfläche oder Kante des durch den Lichtstrahl bewegten Gegenstandes interpretiert und zur Messung oder Positionierung des Gegenstandes weiterverwendet. Reduzierter bzw. nicht reduzierter Intensitätswert können auch als Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein eines Gegenstandes im Bereiche der Lichtschranke interpretiert und entsprechend weiterverwendet werden.

Das oben kurz beschriebene Verfahren der bekannten Lichtschranke ist offensichtlich nur anwendbar für Gegenstände, die für den als Lichtschranke verwendeten Lichtstrahl nicht oder mindestens nur teilweise transparent sind, wobei dies selbstverständlich nicht nur für sichtbares Licht, sondern auch für andere elektromagnetische Strahlungen mit einer für eine bestimmte Anwendung geeigneten Wellenlänge gilt.

Die Erfindung stellt sich nun die Aufgabe, ein Verfahren zur Detektion oder Lagebestimmung von Kanten zu schaffen, das zwar auf dem oben genannten Prinzip der Lichtschranke beruht, mit dem sich aber gegenüber bekannten Verfahren Genauigkeiten erhöhen und Fehleranfälligkeiten reduzieren lassen und das insbesondere auch für transparente Gegenstände anwendbar ist. Es ist auch Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Diese Aufgaben werden gelöst durch das Verfahren und die Vorrichtung, wie sie in den Ansprüchen definiert sind.

Das erfindungsgemässe Verfahren stellt eine Weiterentwicklung des Lichtschranken-Prinzips dar. Die zu detektierenden Kanten und das Licht werden relativ zueinander bewegt, derart, dass sich jede zu detektierende Kante in einer Objektebene durch das Licht bewegt und eine Ausbreitungsrichtung des Lichtes winklig schneidet. Mindestens beim Durchtreten der Kante durch das Licht wird mindestens eine Intensität des Lichts in einem Empfangsbereich gemessen. Das Licht wird in mindestens einer Richtung auf die Objektebene fokussiert. In der Objektebene und/oder im Empfangsbereich wird optische lokale Redundanz erzeugt.

Unter dem Begriff «optische lokale Redundanz» wird hier das Vorhandensein relevanter optischer Signale an mehreren Orten verstanden. Die Kante in der Objektebene kann z.B. an mehreren Stellen beleuchtet werden. Dadurch wird das Verfahren präziser und weniger anfällig auf einzelne lokale Störungen auf dem Gegenstand, wie Verschmutzungen, Kratzer etc. Weiter können sich im Empfangsbereich mehrere Lichtsensoren befinden. Es ist vorteilhaft, die Signale der Sensoren einer gemeinsamen Analyse zu unterwerfen, was zu einer erhöhten Genauigkeit und Zuverlässigkeit führt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind eine Lichtquelle und Sensormittel derart angeordnet, dass von einer Lichtquelle ausgesandtes Licht auf die Sensormittel trifft. Zwischen der Lichtquelle/Sensormittel-Anordnung und einer zu detektierenden Kante ist eine Relativbewegung erzeugbar, derart, dass die Kante zwischen Lichtquelle und Sensormittel an einer Detektionsposition durch das Licht bewegbar ist und die Ausbreitungsachse des Lichtes winklig schneidet. Das Licht wird dabei auf die Detektionsposition fokussiert zu einer möglichst scharfen, möglichst schmalen Lichtlinie, die parallel zu einer der Detektionsposition passierenden, zu detektierenden Kante ausgerichtet ist.

Den Sensormitteln werden vorteilhafterweise zur Erhöhung der gemessenen Intensitäten Fokussierungsmittel vorgeschaltet, die beschränkt divergierendes Licht in den Sensormitteln sammeln und dadurch die gemessenen Intensitäten erhöhen.

Für die Kantendetektion wird nun eine Kante an der Detektionsposition durch das Licht bewegt, und zwar derart, dass sie mindestens in der Detektionsposition parallel zur erzeugten Lichtlinie ausgerichtet ist. Während des Durchgangs einer zu detektierenden Kante durch die Detektionsposition wird die Intensität eines durch die Kante nicht ausgelenkten Anteils des Lichts gemessen und/oder die Intensität von Licht, das durch die Kante gestört, das heisst durch Beugung und/oder Brechung an der Kante aus dem Lichtstrahl ausgelenkt wird. Für die Messung des ungestörten Lichtanteiles wird ein Sensor auf die Hauptausbreitungsrichtung oder Strahlenachse des Lichts ausgerichtet, für die Messung des ausgelenkten Lichtanteils wird mindestens ein von der Strahlenachse beabstandeter Sensor vorgesehen.

Die durch die Sensoren ermittelten Lichtintensitäten und/oder Kombinationen von Intensitäten, die von verschiedenen Sensoren gemessen werden, werden in Abhängigkeit der Zeit oder eines Ortes

registriert und analysiert, beispielsweise mit Schwellenwerten verglichen, wobei der Zeitpunkt und/oder der Ort, an dem ein Schwellenwert über- oder unterschritten wird, als Kantendurchgang oder Kantenposition interpretiert wird. Die Schwellenwerte werden vorgängig an die Art der zu detektierenden Kante und/oder an die optischen Eigenschaften des Gegenstandes, der durch die zu detektierende Kante begrenzt ist, angepasst.

Die durch die Sensormittel ermittelten Intensitätsfunktionen können umgekehrt auch zur Charakterisierung der optischen Eigenschaften einer Kante bzw. eines Gegenstandes und zur Bestimmung der oben genannten Schwellenwerte herangezogen werden. Gegebenenfalls werden die Schwellenwerte auch simultan mit der Kantendetektion an variierenden, äussere Umstände angepasst.

Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens weist – im Sinne einer Lichtschranke – eine Lichtquelle zur Erzeugung von Licht, Sensormittel in einem Empfangsbereich zur Messung von Lichtintensitäten und Mittel zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen dem Licht und zu detektierenden Kanten von Gegenständen in einer Objektebene auf. Sie beinhaltet ausserdem Mittel zur Fokussierung des Lichtes in mindestens einer Richtung in der Objektebene und Mittel zur Erzeugung einer optischen lokalen Redundanz in der Objektebene und/oder im Empfangsbereich.

Als Lichtquelle wird vorteilhafterweise ein Laser, als Sensormittel werden beispielsweise Fotodioden vorgesehen. Das von der Lichtquelle ausgesandte Licht wird vorteilhafterweise direkt auf die Sensormittel gerichtet, es kann aber zwischen Lichtquelle und Sensormittel auch reflektiert und/oder gebrochen werden. Die Lichtquelle weist auch Fokussierungsmittel zur Fokussierung des Lichtes in der Objektebene auf. Die Sensormittel weisen einen auf die Hauptausbreitungsrichtung oder Strahlenachse des Lichts ausgerichteten Sensor und/oder mindestens einen von der Strahlenachse beabstandeten Sensor auf. Die Vorrichtung weist ferner Mittel zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der Lichtquelle/Sensormittel-Anordnung und einem Gegenstand mit einer zu detektierenden Kante auf, derart, dass die Kante durch die Detektionsposition bewegt wird.

Die Vorrichtung weist vorzugsweise Auswertmittel (z.B. eine Auswertelektronik) auf zur Registrierung und Analyse (z.B. Vergleich mit Schwellenwerten) der Sensorsignale und zur Erzeugung und Weiterleitung von den Analysenergebnissen entsprechenden Signalen, die beispielsweise zu Steuerzwecken weiterverwendet werden können. Solche Auswertmittel beinhalten vorzugsweise einen Mikroprozessor.

Das erfindungsgemässe Verfahren und Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens sind insbesondere anwendbar für die Detektion von vorlaufenden und/oder nachlaufenden Kanten von transparenten oder nicht transparenten flachen Gegenständen, beispielsweise von Klarsichtfolien oder Papierbogen. Dabei werden die Gegenstände relativ zur Lichtquelle/Sensormittel-Anordnung derart bewegt, dass die zu detektierenden Kanten winklig (z.B. rechtwinklig) zur Bewegungsrichtung ausge-

richtet sind und den Lichtstrahl an derselben Stelle und mit derselben Ausrichtung (vorzugsweise Ausrichtung einer Lichtlinie in der Objektebene) durchlaufen. Dabei werden die Papierbogen oder Klarsichtfolien insbesondere getragen durch ein ebenfalls bewegtes, durchsichtiges Trägerelement, welches eine durch Verschmutzung oder durch Oberflächenverletzungen variierende Transparenz haben kann.

Die oben skizzierte Anwendung ist eine beispielhafte Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens und der erfindungsgemässen Vorrichtung und soll in keiner Weise als Limitation der Erfindung gelten.

Das erfindungsgemässe Verfahren und beispielhafte Ausführungsformen der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens werden anhand der folgenden Figuren mehr im Detail beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 verschiedene Lichtverteilungen in einer Objektebene;

Fig. 2 verschiedene Sensoranordnungen in einem Empfangsbereich;

Fig. 3, 4 ein Schema der erfindungsgemässen Vorrichtung mit einer zu detektierenden Kante (Fig. 3: Blickrichtung in Lichtausbreitungsrichtung gegen die Sensormittel; Fig. 4: Blickrichtung parallel zur Lichtlinie bzw. zu einer zu detektierenden Kante);

Fig. 5 die optischen Verhältnisse beim Durchgang einer zu detektierenden Kante durch die Detektionsposition in Abhängigkeit der optischen Eigenschaften des Gegenstandes, der durch die Kante begrenzt wird;

Fig. 6 Lichtintensitäten als Funktionen der Zeit beim Durchgang von vor- und nachlaufenden Kanten von Gegenständen durch die Detektionsposition;

Fig. 7 eine beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung mit zwei Sensoren zur Detektion der vorlaufenden oder nachlaufenden Kanten von Klarsichtfolien und/oder Papierbogen, die auf einem durchsichtigen Träger durch den Lichtstrahl bewegt werden;

Fig. 8 eine weitere beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung.

In den Fig. 1a)–d) sind schematische verschiedene Lichtverteilungen in einer Objektebene dargestellt. Nebst einer entsprechenden Lichtverteilung ist jeweils ein Gegenstand G mit einer zu detektierenden Kante K zu sehen. In Fig. 1a) besteht die Lichtverteilung aus einem einzigen Lichtpunkt 10, der entsteht, indem bspw. eine einfallende ebene Welle in beiden Richtungen der Zeichenebene fokussiert wird. Bei dieser Lichtverteilung ist keine optische lokale Redundanz vorhanden. Hingegen liegt optische lokale Redundanz in Fig. 1b), wo zwei auf der Kante K liegende Lichtpunkte 10.1, 10.2 erzeugt werden, vor. Optisch lokal redundant ist auch die Lichtverteilung von Fig. 1c), nämlich eine zur Kante K parallele Lichtlinie 10. Eine solche Lichtlinie 10 entsteht bspw. durch Fokussierung einer einfallenden ebenen Welle in Richtung senkrecht zur Kante K, z.B. mit einer Zylinderlinse. Fig. 1d) zeigt eine optisch lokal redundante Lichtverteilung mit

bspw. drei Lichtpunkten 10.1–10.3, welche auf einer nicht parallel zur Kante K liegenden Geraden 100 angeordnet sind. Im Gegensatz zu den Lichtverteilungen der Fig. 1b) und 1c) werden hier die Lichtpunkte 10.1–10.3 im allgemeinen zeitlich nacheinander von der Kante K durchlaufen. Somit erhält man aus der lokalen auch eine zeitliche Redundanz. Die Redundanz in Fig. 1d) könnte bspw. dazu benützt werden, Informationen über die Form der Kante K zu erhalten. Eine weitere, nicht dargestellte Lichtverteilung besteht in einer Kombination der Lichtverteilungen der Fig. 1c) und 1d), woraus sich eine nicht parallel zur Kante K liegende Lichtlinie ergibt. Weitere Kombinationen und Variationen sind natürlich möglich.

Figuren 2a)–e) zeigen schematisch verschiedene Anordnungen von Lichtsensoren in einem Empfangsbereich. Nebst einer entsprechenden Sensoranordnung ist jeweils ein Bild eines Gegenstandes G' mit einer zu detektierenden Kante K' gestrichelt dargestellt. Die Anordnung von Fig. 2a) enthält einen einzigen «punktförmigen» Lichtsensor 11, bspw. eine Fotodiode mit einer Fläche von typischerweise $2 \times 2 \text{ mm}^2$. Bei dieser Anordnung liegt keine optische Lokale Redundanz vor. Optisch lokal redundant ist hingegen die Anordnung von Fig. 2b) mit drei Sensoren 11.1–11.3, welche auf einer senkrecht zum Bild K' der Kante K liegenden Geraden 110 angeordnet sind. Die Anordnung von Fig. 2c) verallgemeinert diejenigen von Fig. 2b), indem eine ganze Zeile, bspw. eine CCD-Zeile, von aneinander liegenden Sensoren 11.1, 11.2, ... verwendet wird. Fig. 2d) zeigt eine weitere optisch lokal redundante Anordnung von Sensoren 11.1–11.6. In Fig. 2e) sind die Sensoren 11.1, 11.2, ... in einer Matrix, bspw. einer CCD-Matrix, angeordnet.

Erfindungsgemäss können nun Lichtverteilungen wie in Fig. 1a)–d) mit Sensoranordnungen wie in Fig. 2a)–e) kombiniert werden. Eine Ausnahme bildet die Kombination von Fig. 1a) mit Fig. 2a), weil dabei keine optische lokale Redundanz vorläge. Eine bevorzugte Kombination ist diejenige der Lichtverteilung von Fig. 1c) mit der Sensoranordnung von Fig. 2b). Auf diese wird im Folgenden detaillierter eingegangen.

Fig. 3 zeigt ein Schema einer erfindungsgemässen Vorrichtung von der Lichtquelle aus gegen die Sensormittel betrachtet. Vereinfachend wird hier angenommen, das Licht falle in Form eines fokussierten Lichtstrahles mit einer Strahlenachse A auf die Objektebene ein. Die Figur zeigt die an der Detektionsposition durch Fokussierung des Lichtstrahles mit der Strahlenachse A erzeugte Lichtlinie 10 und drei Sensoren 11.1, 11.2 und 11.3, die auf einer Senkrechten durch die Lichtlinie 10 angeordnet und mit kleinen Kreuzen dargestellt sind. Der Sensor 11.2 ist auf der Strahlenachse A angeordnet und dient zur Messung von durch die Kante ungestörtem Licht. Die Sensoren 11.1 und 11.3 sind von der Strahlenachse A beabstandet und dienen zur Messung von durch eine zu delektierende Kante aus dem Lichtstrahl ausgelenktem Licht. Die Sensoren 11.1 bis 11.3 sind zur Erhöhung der gemessenen Intensitäten mit Fokussiermitteln 13.1 bis 13.3 (z.B. Sammellinsen) ausgerüstet.

Ferner zeigt die Fig. 3 eine zu delektierende Kante K eines Gegenstandes G (z.B. Blatt Papier oder Klarsichtfolie), welche Kante K in der Detektionsposition positioniert ist. Der Gegenstand G wird beispielsweise in der Bewegungsrichtung F durch den Lichtstrahl bewegt, derart, dass die Kante K die vorlaufende Kante ist.

Fig. 4 zeigt dieselbe schematische Vorrichtung wie Fig. 3, aber in Richtung der zu delektierenden Kante K gesehen. Die Lichtquelle 12 ist dargestellt, die Strahlenachse A des von der Lichtquelle 12 erzeugten Lichtstrahles, die Sensoren 11.1 bis 11.3 im Abbildungsbereich B der Fokussiermittel 13.1 bis 13.3, die beispielsweise Sammellinsen sind und für eine Gegenstandsweite 1 und eine Bildweite 1' ausgelegt sind. Das von der Lichtquelle ausgesandte Licht kann von einer Sammellinse 14, bspw. einer Zylinderlinse, auf die Kante K fokussiert werden. Ebenfalls dargestellt ist in einer Objektebene O der Gegenstand G mit der Kante K in Detektionsposition. Der Gegenstand G wird beispielsweise auf einem transparenten Träger T durch den Lichtstrahl bewegt, wobei der Träger sich mit dem Gegenstand bewegt.

Es zeigt sich nun, dass für die dargestellte Position der Kante K, wenn diese die Kante eines transparenten Gegenstandes G ist, ein Teil des Lichtstrahles an der Kante K gebeugt und/oder gebrochen wird und mit dem Sensor 11.1 detektierbar ist, welcher Sensor 11.1 auf eine in der Detektionsposition um einen Winkel $-\alpha$ aus der Strahlenachse A ausgelenkte, weitere Strahlenachse A' ausgerichtet ist. Eine gleich positionierte Kante eines transparenten, sich nach rechts erstreckenden Gegenstandes (nicht dargestellt) wird einen Teil des Lichtstrahles gegen den Sensor 11.3, der symmetrisch zum Sensor 11.1 auf einen Auslenkwinkel $+\alpha$ ausgerichtet ist, auslenken.

Die Fig. 5 und 6 gehen näher auf die optischen Verhältnisse bei der Kantendetektion, wie sie in den Fig. 3 und 4 schematisch dargestellt ist, ein.

Fig. 5 zeigt wie Fig. 4 eine Anordnung von Lichtquelle 12 und Sensormitteln 11 und einen in Richtung F bewegten Gegenstand G, dessen vorlaufende Kante K in drei Positionen K.1, K.2 und K.3 dargestellt ist. Ebenfalls schematisch dargestellt ist ein Auswertmittel 16, das mit Signalleitungen 17 mit den Sensormitteln 11 verbunden ist, und von dem weitere Signalleitungen 18 für erzeugte Signale wegführen. Ein solches Auswertmittel 16 kann bspw. einen Mikroprozessor beinhalten. Es kann (nicht dargestellte) Mittel zum Eingeben und Speichern von Schwellenwerten, Mittel zum Vergleich von Messwerten mit Schwellenwerten und Mittel zur Variierung von Schwellenwerten anhand von Messwerten aufweisen.

In der Position K.1 hat die Kante K den Lichtstrahl noch nicht erreicht, sodass dieser noch völlig ungestört auf die Sensormittel 11 trifft; in der Position K.2 befindet sich die Kante K des Gegenstandes im Bereiche des Lichtstrahls (Detektionsposition, wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt); in der Position K.3 hat die Kante K den Lichtstrahl passiert und der Lichtstrahl trifft auf den Gegenstand G.

Unterhalb der oben beschriebenen schemati-

schen Darstellung der Lichtschrankenordnung und des Gegenstandes G sind nun die durch die Sensormittel 11 detektierbaren Lichtintensitäten in Abhängigkeit eines Auslenkungswinkels $-\alpha$ und $+\alpha$ von der Strahlenachse A ($\alpha = 0$) dargestellt. Die Intensitäten sind je für die Positionen K.1, K.2 und K.3 der zu detektierenden Kante dargestellt und entsprechend mit 1, 2 und 3 bezeichnet.

Die vier untereinander dargestellten Fälle a bis d beziehen sich auf die Verhältnisse für einen transparenten Gegenstand (a), für einen teilweise transparenten, teilweise absorbierenden Gegenstand (b), für einen streuenden Gegenstand (c) und für einen völlig nichttransparenten Gegenstand (d), wobei sich die Begriffe «transparent», «absorbierend», «streuend» und «nichttransparent» auf das verwendete Licht bzw. seine spektrale Zusammensetzung beziehen.

Die Intensität in Abhängigkeit von α ist für die Position K.1 in allen Fällen a bis d gleich und stellt den ungestörten Lichtstrahl dar, der eine von der Fokussierung abhängige, kleine Breite und eine maximale Intensität $I_{\max}$ aufweist.

Für die Position K.2 ist die Intensität bei (teil-) transparenten Gegenständen (a, b, c) gegenüber dem Zustand 1 über einen weiteren Bereich des Auslenkwinkels α verteilt, und zwar mit asymmetrisch höheren Intensitäten auf der gegen den Gegenstand gerichteten Seite der Kante (negative α -Werte). Dieses Phänomen ist durch Beugung und/oder Brechung des Lichtstrahles an der Kante zu erklären. Absorption oder Streuung im Gegenstand bewirkt in den Fällen b und c eine kleinere Intensität des ausgelenkten Lichtes gegenüber dem Falle a. Für einen nicht transparenten Gegenstand (d) mit einer Kante in der Position K.2 ist die Intensität des Strahls reduziert, und es wird nur wenig Licht aus dem Lichtstrahl ausgelenkt (minimale Intensität $I_{\min}$) gleich wie für die Kantenposition K.1.

Für die Position K.3 unterscheiden sich die Lichtverhältnisse für einen völlig transparenten Gegenstand (a) im Wesentlichen nicht von der Position K.1, ist die Intensität des ungestörten Lichtes für einen absorbierenden (b) und einen streuenden (c) Gegenstand gegenüber der Position K.1 reduziert und für einen undurchsichtigen Gegenstand im Wesentlichen gleich null (minimale Intensität $I_{\min}$). Für den streuenden Gegenstand (c) ist auf beiden Seiten der Strahlenachse A gegenüber der Position K.1 vermehrt Streulicht zu erwarten.

Fig. 6 zeigt für die gleichen Fälle a bis d wie Fig. 5 die von Sensoren 11.1 ($-\alpha$), 11.2 ($\alpha = 0$) und 11.3 ($+\alpha$) gemessenen Intensitätsfunktionen in Abhängigkeit der Zeit t, die gemessen werden, wenn ein Gegenstand G mit einer vorlaufenden Kante Kv und einer nachlaufenden Kante KN durch den Lichtstrahl bewegt wird.

Für den Fall a eines transparenten Gegenstandes G kann die vorlaufende Kante mit den Sensoren 11.1 (momentaner Intensitätszuwachs) und 11.2 (momentane Intensitätsreduktion) detektiert werden (siehe auch Fig. 4), die nachlaufende Kante N mit den Sensoren 11.2 und 11.3. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist es vorteilhaft, die Veränderungen der Signale von zwei Sensoren (11.1/11.2 bzw.

11.2/11.3) für eine Weiterverarbeitung zu kombinieren (z.B. Addition von Zuwachs und Reduktion) und als Kombination zu analysieren. Vom Gegenstand G sind im Falle a nur die Kanten detektierbar; die reine Präsenz des Gegenstandes G an sich ist von keinem der Sensoren detektierbar.

Der Fall b (teilweise transparenter und/oder farbig-transparenter Gegenstand) unterscheidet sich vom Falle a durch kleinere ausgelenkte Intensitäten und dadurch, dass der Gegenstand G mit dem Sensor 11.2 wegen der Absorption von Licht im Gegenstand detektierbar ist. Für die Kantendetektion im Falle c (milchiger Gegenstand) gilt dasselbe wie für den Fall b. Bedingt durch die Lichtstreuung ist der milchige Gegenstand gegebenenfalls von allen Detektoren 11.1 bis 11.3 durch eine Reduktion bzw. Erhöhung der gemessenen Intensität detektierbar.

Für den Fall d (nicht transparenter Gegenstand) detektieren die Sensoren 11.1 und 11.2 im Wesentlichen kein Licht, wie auch der Sensor 11.2, solange der Gegenstand den Lichtstrahl unterbricht. Die vorlaufende Kante wird durch eine steile Reduktion, die nachlaufende Kante durch einen steilen Zuwachs der Intensität detektiert.

Aus der Fig. 6 ist ersichtlich, dass es je nach Anwendung (optische Eigenschaften des Gegenstandes, Detektion von vor- oder nachlaufenden Kanten) notwendig oder mindestens vorteilhaft ist, mindestens einen Sensor 11.1, 11.2 oder 11.3, ein Paar von Sensoren 11.1/11.2 oder 11.2/11.3 oder drei Sensoren 11.1/11.2/11.3 anzuordnen und die gemessenen Sensorsignale einzeln oder im Kombination zu analysieren. Die Analyse erfolgt vorzugsweise mit einem (nicht dargestellten) Mikroprozessor.

Zusätzlich zu den effektiven Kantendetektionsfunktionen, wie sie aus der Fig. 6 ableitbar sind, können Sensoren 11.1, 11.2 und/oder 11.3 der erfindungsgemässen Anordnungen noch weitere Funktionen übernehmen. Einige Beispiele werden in den folgenden Abschnitten aufgeführt.

Die Lichtintensität, die vom Sensor 11.2 dann gemessen wird, wenn der Lichtstrahl durch keine Kante und keinen Gegenstand gestört ist, wird (gegebenenfalls als momentaner Durchschnittswert) zur Anpassung von Schwellenwerten für Sensoren 11.2 oder auch 11.1/11.3 an momentane Lichtverhältnisse (z.B. örtliche Verschmutzungen des Trägers T) verwendet. Es zeigt sich, dass insbesondere für die Detektion von vorlaufenden Kanten nicht transparenter Gegenstände derart angepasste Schwellenwerte, die vorzugsweise auf 40–50% einer mittleren Intensität angesetzt sind, sehr gute Resultate ergeben.

Die Signale der Sensoren 11.1 und/oder 11.3 werden dann, wenn keine Kante zu detektieren ist, zur Bestimmung einer mittleren Fremdlichtintensität ausgenutzt, welche mittlere Fremdlichtintensität ebenfalls zur Anpassung von Schwellenwerten benutzt werden kann.

Für die Kantendetektionen der Fälle b, c und insbesondere d ist es vorteilhaft, während eines Kontrollintervalls t_k nach (für vorlaufende Kante) oder vor (für nachlaufende Kante) einer Kantendetektion

das Signal des Sensors 11.2 auf eine bleibende vorgegebene Intensitätsreduktion zu überprüfen. Durch Einbezug eines derartigen Kontrollintervalls t_k in die Signalanalyse können Kanten von Gegenständen, für die während dem Kontrollintervall die Reduktion erhalten bleibt, von Kratzern oder punktuellen Verschmutzungen auf dem Träger oder von transparenten Gegenständen, für welche die Reduktion sehr rasch wieder verschwindet, unterschieden werden.

Risse, Schnitte oder scharfe Kratzer in transparentem Träger oder transparenten Gegenstand können dadurch von Kanten unterschieden werden, dass sie einen Intensitätszuwachs in den Sensoren 11.1 und 11.3 erzeugen, während Kanten von transparenten Gegenständen nur auf einem der beiden Sensoren einen Intensitätszuwachs erzeugen. Für eine derartige Unterscheidung sind also auch bei der Detektion von beispielsweise nur vorlaufenden Kanten die Signale beider Sensoren 11.1 und 11.3 in die Analyse miteinzubeziehen.

Fig. 7 zeigt eine Anordnung für die Detektion Kanten K von dünnen Gegenständen G, wie Papierbogen oder Klarsichtfolien, die sequenziell derart geführt auf einem transparenten, sich mit den Papierbogen oder Klarsichtfolien bewegendem Träger T bewegt werden, dass die zu detektierenden Kanten die Detektionsposition in einer immer gleichen Ausrichtung durchlaufen. Die Vorrichtung ist zur Detektion von vorlaufenden Kanten von transparenten Gegenständen ausgelegt, wenn die Bewegungsrichtung wie dargestellt F ist. Nachlaufende Kanten werden detektiert, wenn die Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist. Die dargestellte Vorrichtung eignet sich zum Einsatz vor einer Druckstation, in der die Bogen oder Folien bedruckt werden, wobei die erzeugten Detektionssignale zur Steuerung des Druckvorganges herangezogen werden, derart, dass die Bogen oder Folien an einer exakt vorgegebenen Stelle bedruckt werden.

Die Vorrichtung ist etwa in einem Massstab 2,5 : 1 dargestellt und weist im Wesentlichen dieselben Teile auf, die schon im Zusammenhang mit den Fig. 1 und 2 beschrieben worden sind. Die Vorrichtung weist einen auf die Strahlenachse A ausgerichteten Sensor 11.2 und einen von der Strahlenachse um 20° ausgelenkten Sensor 11.1 auf. Die Sensoren sind Photodioden, die nicht dargestellte Lichtquelle ist eine Laserdiode mit Strahlformung.

Es zeigt sich, dass es mit der dargestellten Vorrichtung und mit einem Laserstrahl, der auf der Trägersoberfläche zu einer Laserlinie mit einer Breite vom höchstens 40 μm und einer Länge von ca. 2 mm möglich ist, sauber geschnittene Kanten von Papierbogen mit einer Reproduzierbarkeit von weniger als 10 μm zu positionieren. Für sauber geschnittene Kanten von Klarsichtfolien ist die Reproduzierbarkeit besser als 20 μm .

Es zeigt sich auch, dass Kratzer oder Risse im Träger und in den Folien, die nicht parallel zur Laserlinie, also auch nicht parallel zu den zu detektierenden Kanten ausgerichtet sind, die Messung überhaupt nicht stören. Zur Behebung von Störungen durch zur Laserlinie parallele Kratzer oder Risse siehe oben.

Für andere Anwendungen als die oben genannte sind geeignete Lichtquellen, geeignete Fokussierungen des Lichtstrahles und geeignete Sensoranordnungen experimentell zu bestimmen. Für alle Anwendungen sind Schwellenwerte für die Kantendetektion experimentell zu bestimmen, beispielsweise durch statische Messungen der optischen Intensitäten an einer in Detektionsposition positionierten Kante.

In Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung schematisch dargestellt. Sie ist derjenigen von Fig. 4 ähnlich, weshalb dieselben Bezugszeichen verwendet und hier nicht weiter erklärt werden. Der Unterschied besteht darin, dass in der Ausführungsform von Fig. 8 ein Reflektor R unter dem Gegenstand G angeordnet ist. Der Reflektor ist bspw. ein Spiegel oder eine reflektierende Folie. In einer anderen Ausführungsform kann der Reflektor R gleichzeitig auch als Träger T für den Gegenstand G dienen. Das Licht wird am Reflektor R reflektiert, bspw. von einem Strahlteiler 15 abgelenkt und fällt auf Sensoren 11.1–11.3 ein. Auf den Strahlteiler 15 kann auch verzichtet werden; die Sensoren sind dann in Richtung der Lichtquelle 12 angeordnet. Während in Fig. 8 der Träger T direkt auf dem Reflektor R aufliegt, könnten in einer anderen, nicht dargestellten Ausführungsform Träger T und Reflektor R voneinander beabstandet sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion oder Lagebestimmung von Kanten (K) von Gegenständen (G) mithilfe von Licht, wobei die zu detektierenden Kanten (K) und das Licht relativ zueinander bewegt werden, derart, dass sich jede zu detektierende Kante (K) in einer Objektebene (O) durch das Licht bewegt und eine Ausbreitungsrichtung (A) des Lichtes winklig schneidet, und wobei mindestens beim Durchtreten der Kante (K) durch das Licht mindestens eine Intensität des Lichts in einem Empfangsbereich (B) gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Licht in mindestens einer Richtung auf die Objektebene (O) fokussiert und dass in der Objektebene (O) und/oder im Empfangsbereich (B) optische lokale Redundanz erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Empfangsbereich (B) die Lichtintensität an mehreren Orten (11.1, 11.2, ...) gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Objektebene (O) mehrere Lichtpunkte (10.1, 10.2, ...) erzeugt werden oder mindestens eine Lichtlinie (10) erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Licht in der Objektebene (O) zu einer Lichtlinie (10) fokussiert wird und dass die zu detektierenden Kanten (K) derart durch das Licht bewegt werden, dass sie in der Objektebene (O) parallel zur Lichtlinie (10) verlaufen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessenen Lichtintensitäten analysiert und den Analyseergebnissen entsprechende Detektionssignale erzeugt und weitergeleitet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Intensität von Licht, welches nicht aus seiner Einfallsrichtung (A) abgelenkt wird, und/oder Intensitäten von Licht, welches durch Beugung und/oder Brechung an einer zu detektierenden Kante (K) aus der Einfallsrichtung (A) ausgelenkt wird, gemessen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessenen Lichtintensitäten analysiert und den Analyseresultaten entsprechende Detektionssignale erzeugt und weitergeleitet werden, wobei die Analyse ein Kombinieren von zwei oder mehreren gleichzeitig gemessenen Intensitäten beinhaltet.

8. Verfahren nach den Ansprüchen 5 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyse der gemessenen Lichtintensitäten darin besteht, diese einzeln oder als Kombinationen mit Schwellenwerten, die konstant sind oder an die optischen Eigenschaften von Gegenständen (G) mit zu detektierenden Kanten (K) angepasst werden, zu vergleichen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwellenwerte anhand von Messungen der Lichtintensität ohne Gegenstand (G) oder Kante (K) in der Objektebene (O) variiert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7–9, dadurch gekennzeichnet, dass gemessene Lichtintensitäten während einem Kontrollintervall (t_K) vor und/oder nach der Detektion einer Kante in die Analyse der gemessenen Intensitäten miteinbezogen werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gegenstände (G) auf einem transparenten, sich mit den Gegenständen bewegendem Träger (T) durch das Licht bewegt werden.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, welche Vorrichtung eine Lichtquelle (12), insbesondere einen Laser, zur Erzeugung von Licht, Sensormittel (11.1–11.3), insbesondere mindestens eine Fotodiode, in einem Empfangsbereich (B) zur Messung von Lichtintensitäten und Mittel zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen dem Licht und zu detektierenden Kanten (K) von Gegenständen (G) in einer Objektebene (O) aufweist, gekennzeichnet durch Mittel (14) zur Fokussierung des Lichtes in mindestens einer Richtung in der Objektebene (O) und durch Mittel (14, 11.1, 11.2, ...) zur Erzeugung einer optischen lokalen Redundanz in der Objektebene (O) und/oder im Empfangsbereich (B).

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (12) mit Mitteln (14) zur Fokussierung des Lichts zu einer Lichtlinie (10) in der Objektebene (O) ausgerüstet ist und dass die Mittel zur Erzeugung der Relativbewegung derart ausgestaltet sind, dass zu detektierende Kanten (K) in der Objektebene (O) parallel zur Lichtlinie (10) ausgerichtet sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensormittel (11) mindestens einen Sensor (11.2) zur Messung der Lichtintensität im Bereich der Lichteinfallsrichtung (A) und/oder mindestens einen Sensor (11.1, 11.3)

zur Messung von Intensitäten von aus der Lichteinfallsrichtung (A) ausgelenktem Licht aufweisen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Sensor (11.1, 11.3) für die Messung der Intensität von ausgelenktem Licht auf einer Achse (A') mit einem Auslenkwinkel (α) von der Einfallsrichtung (A) angeordnet ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12–15, dadurch gekennzeichnet, dass den Sensormitteln (11.1–11.3) Fokussierungsmittel (13.1–13.3) vorgeschaltet sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12–16, gekennzeichnet durch Auswertmittel (16) zur Analyse der gemessenen Lichtintensitäten und zur Generierung und Weiterleitung von Detektionssignalen.

18. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–11 zur Generierung von Steuersignalen für eine Druckvorrichtung, der Papierbogen und/oder Klarsichtfolien seriell zugeführt werden.

19. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12–17 zur Generierung von Steuersignalen für eine Druckvorrichtung, der Papierbogen und/oder Klarsichtfolien seriell zugeführt werden.

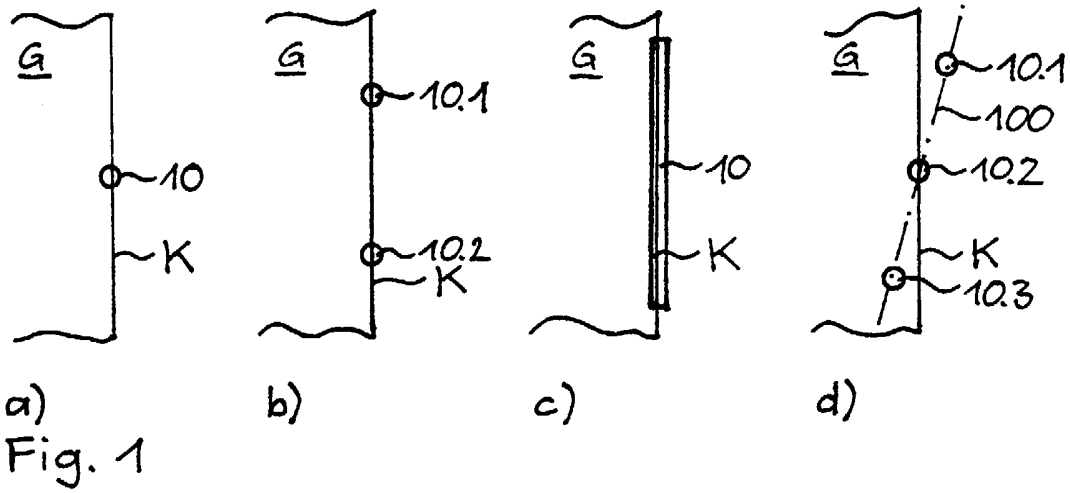
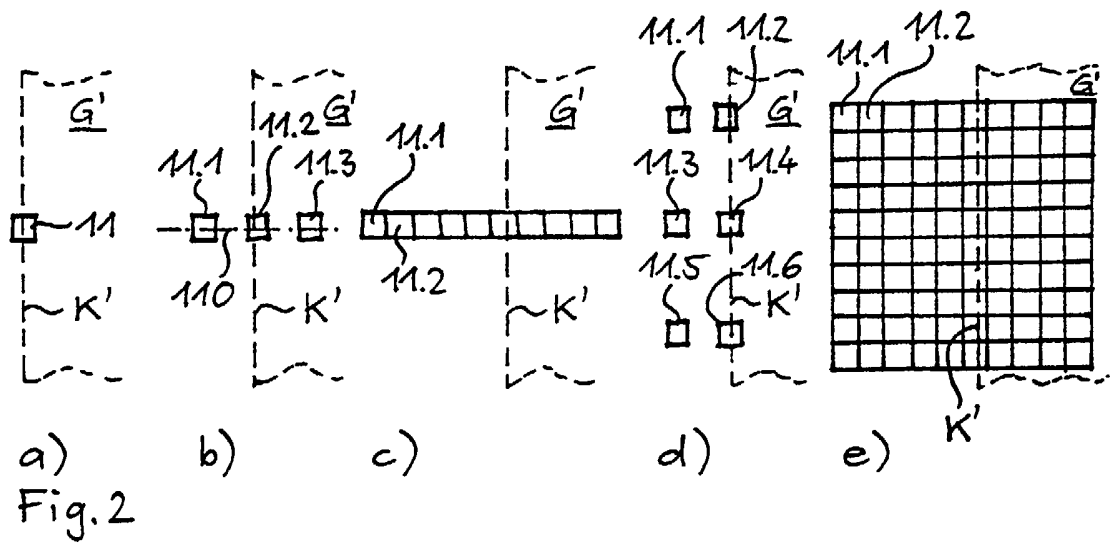


Fig 3

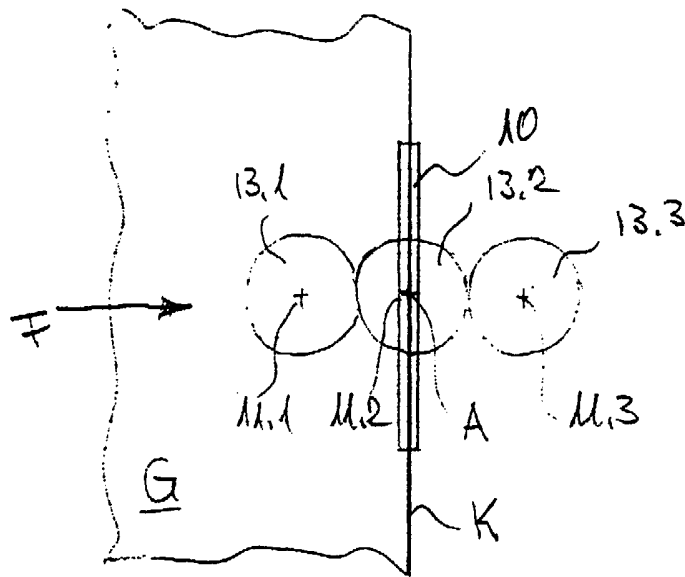
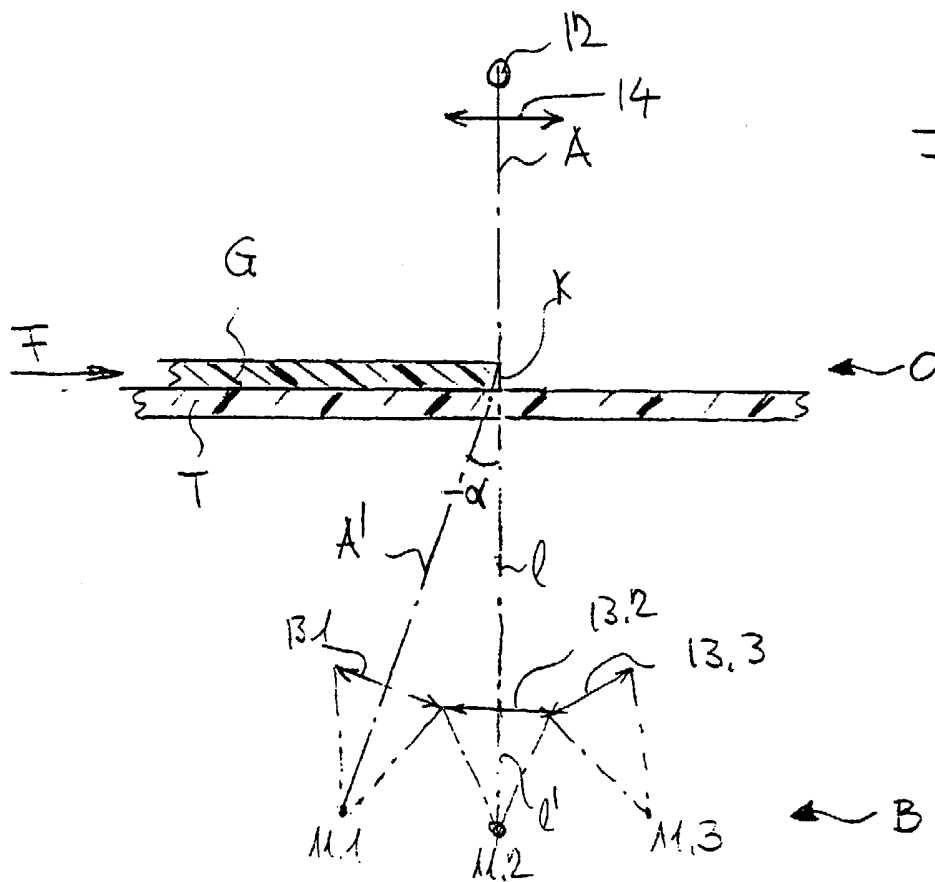


Fig 4



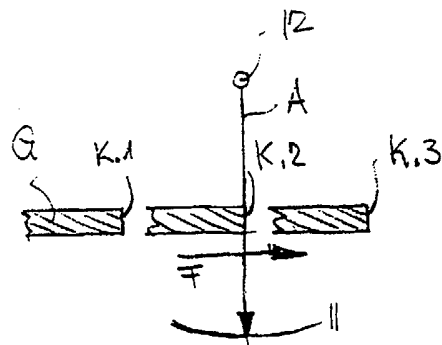
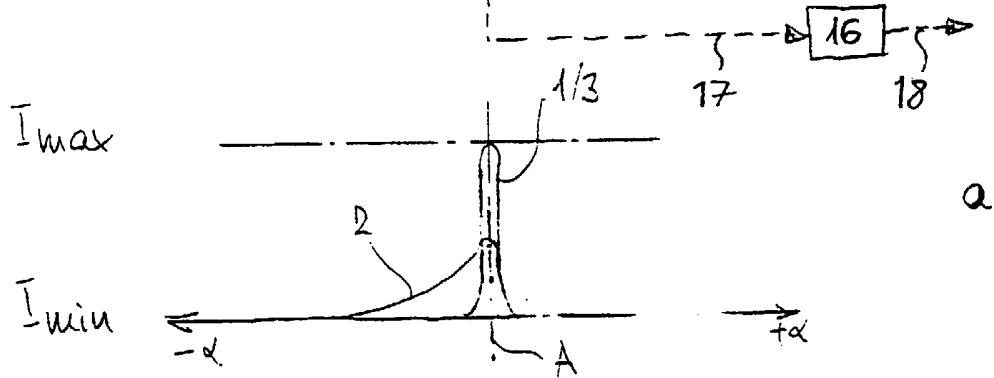
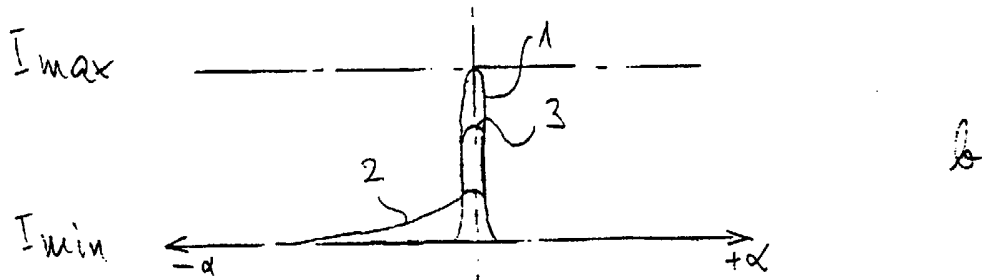
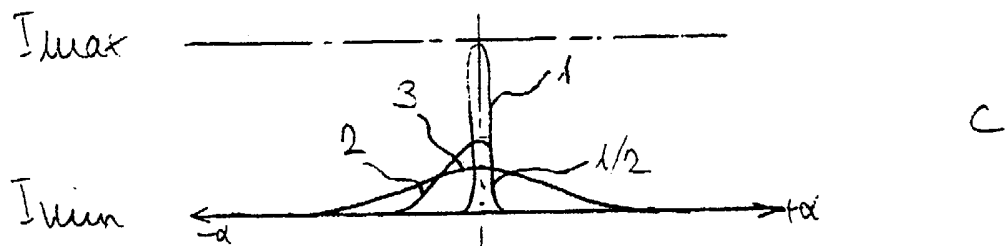
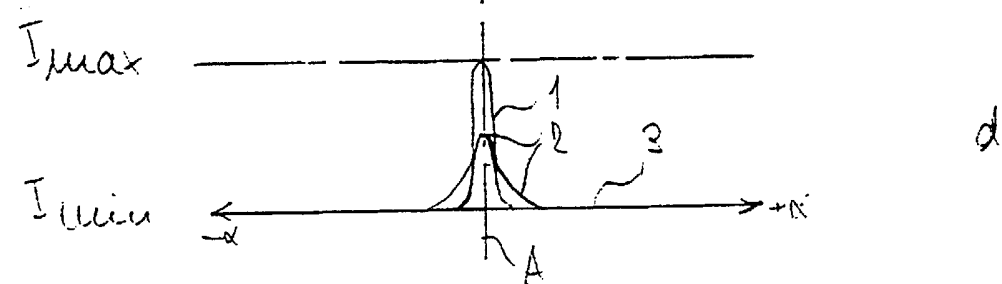


Fig 5



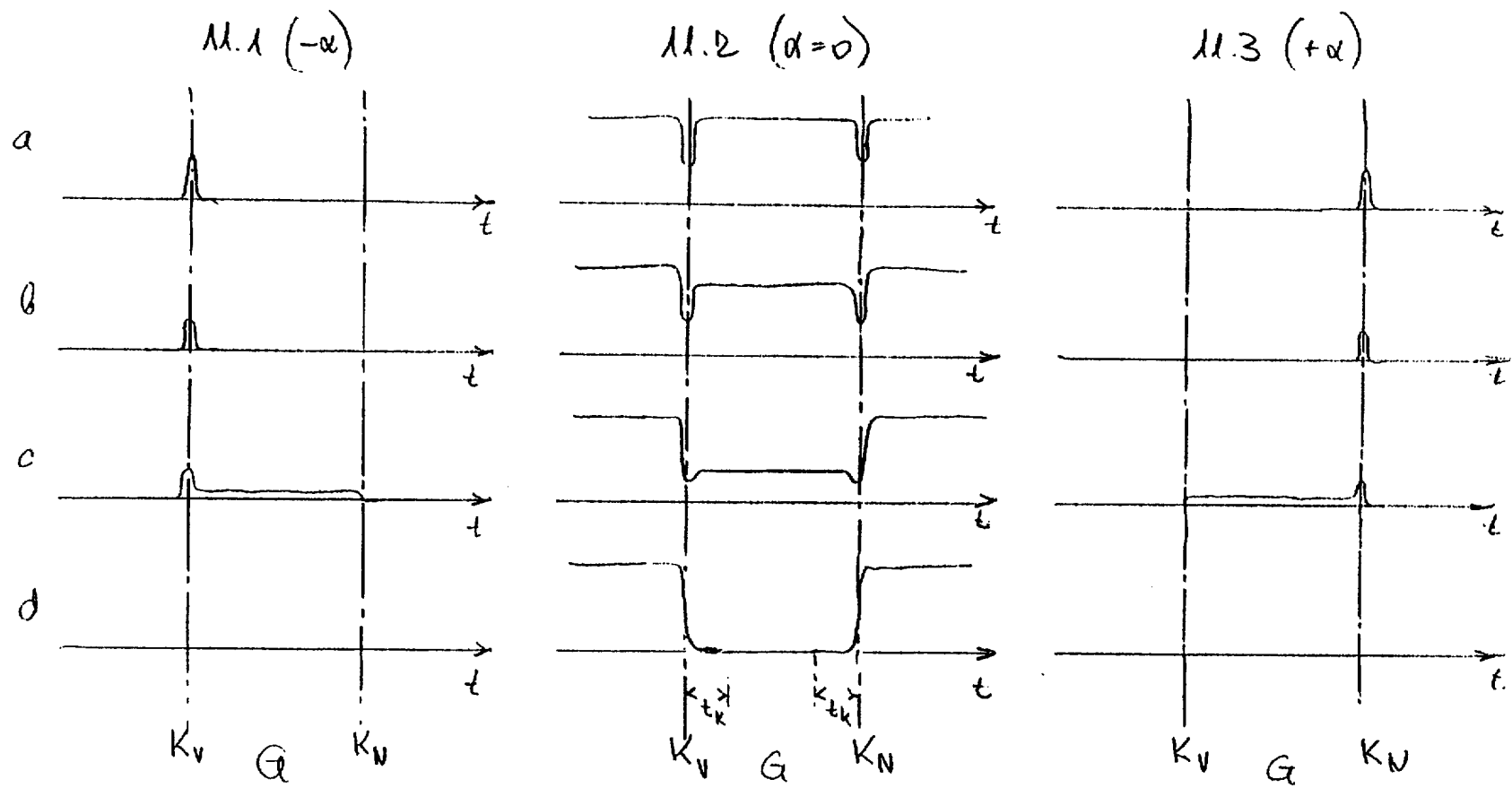
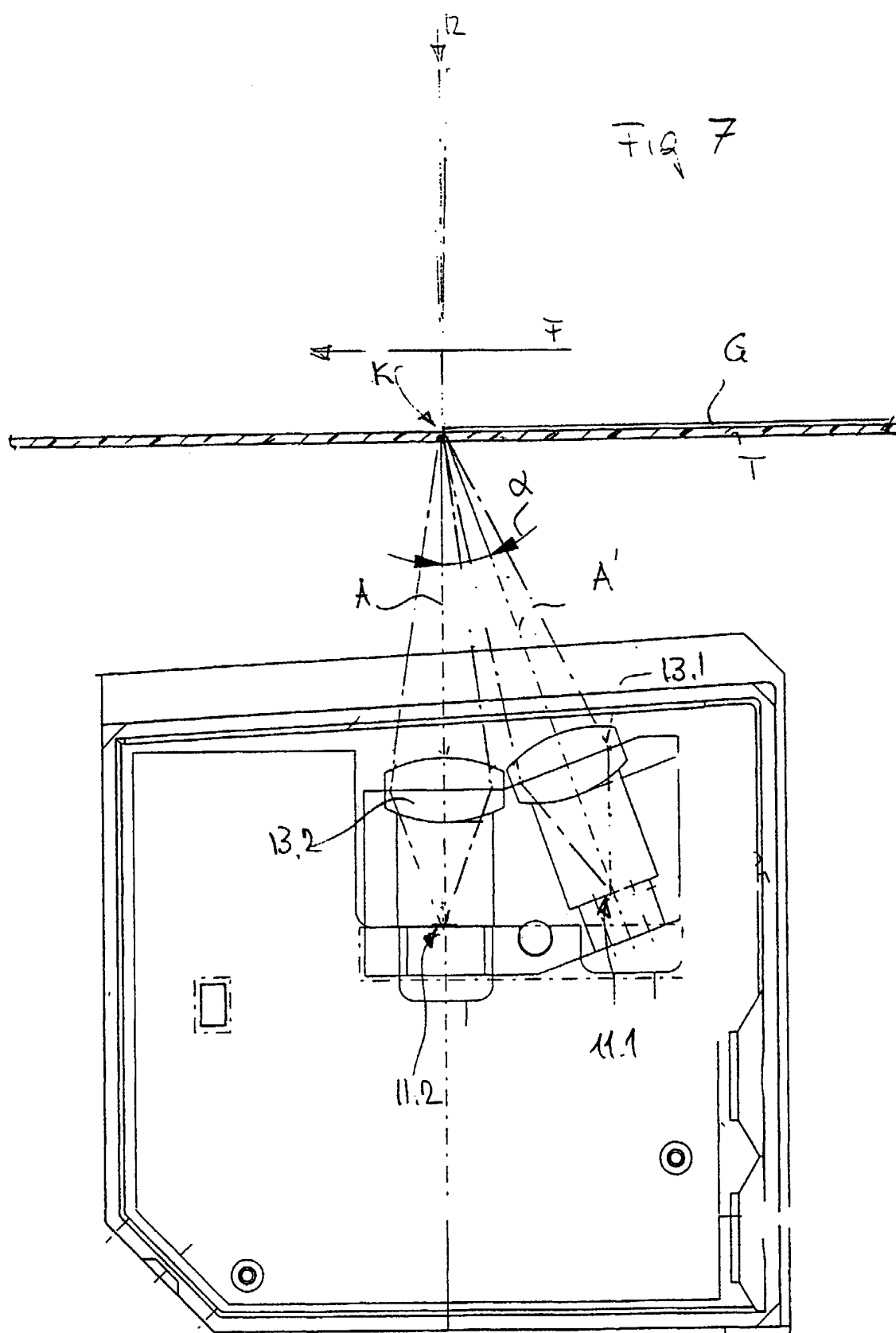


Fig 6



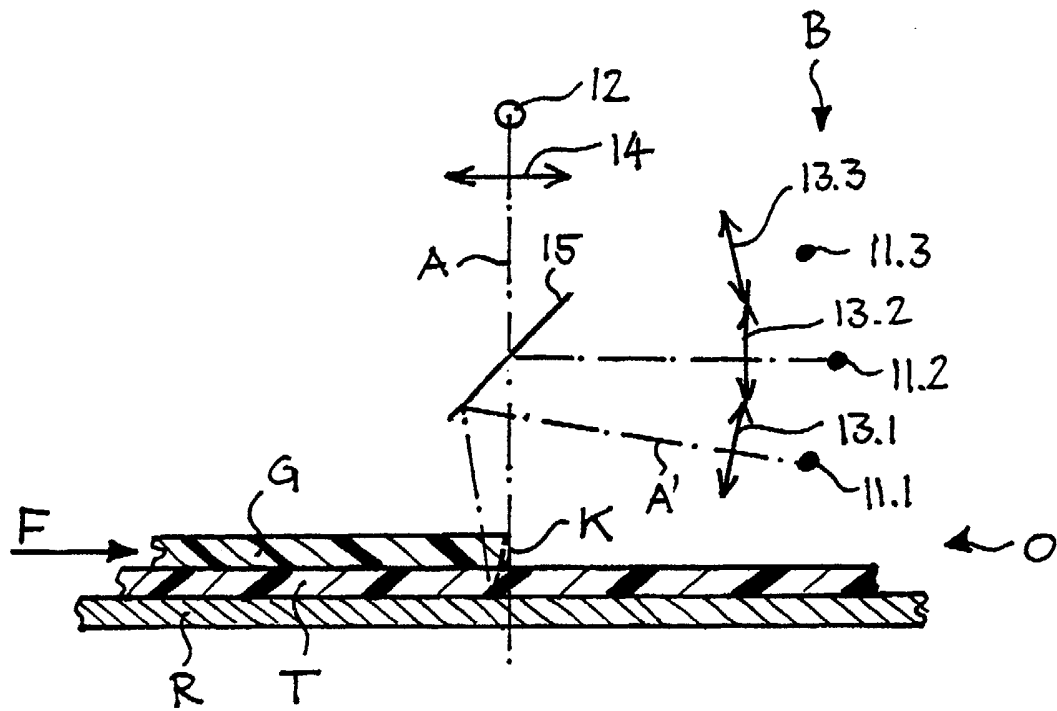


Fig. 8