(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 085 154 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.08.2009 Patentblatt 2009/32

(51) Int Cl.:
B07C 5/34 *(2006.01)* ***B07C 5/342*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **09450021.2**

(22) Anmeldetag: **28.01.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **31.01.2008 AT 1482008**

(71) Anmelder: **Kulcke, Axel**
8382 Weichselbaum (AT)

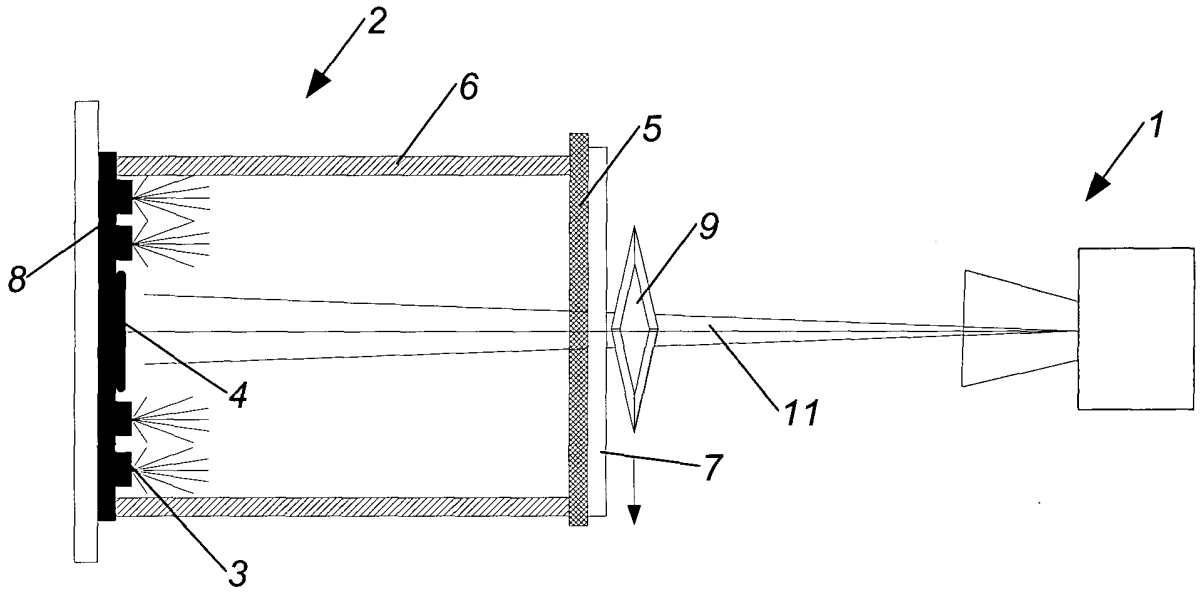
(72) Erfinder: **Kulcke, Axel**
8382 Weichselbaum (AT)

(74) Vertreter: **Gibler & Poth Patentanwälte OEG**
Dorotheergasse 7
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren, Beleuchtungseinheit und Vorrichtung zum spektralbasierten Sortieren**

(57) Bei einem Verfahren zum spektralbasierten Sortieren transparenter und semitransparenter Schüttgüter (8), wird vorgeschlagen, dass die Schüttgüter (8) in einem Materialstrom zwischen einer Beleuchtungseinheit (2) und einem Sensor (1) hindurchbewegt werden, dass mit der Beleuchtungseinheit (2) eine Beleuchtung mit vorgebbaren Wellenlängen zeitlich oder örtlich diskret durchgeführt wird, dass mit dem Sensor (1) Transmissionssignale aufgenommen werden, dass die Transmissionssignale ausgewertet und die Schüttgüter (8) gemäß der Auswertung sortiert werden.

Fig. 1



EP 2 085 154 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Die Aufbereitung und Sortierung von Schüttgütern mit Farbkameras (hauptsächlich Farbzeilenkameras) ist eine gängige Methode. Eine übliche Ausführungsvariante wird in AT410847 beschrieben. Auch EP 0734789A3 beschreibt diese Technologie. Dabei werden unterschiedliche Kameratechnologien eingesetzt, insbesondere sequenzielle RGB(rot-grünblau) Farbfilter-Zeilenkameras, Trilineare RGB Farbfilter-Zeilenkameras oder auch 3 Chip Kameras. Die örtliche und zeitliche Auflösung der Systeme liegt heute mindestens bei 1000 Ortspunkten und 1kHz Zeilenrate pro Sensorsystem.

[0003] Diese Kameratechnologien werden auch im Recyclingbereich eingesetzt. Bei der Durchlicht Sortierung werden überwiegend Glas und transparente Kunststoffprodukte aufgearbeitet. Weiterhin werden Geräte mit einzelnen optischen Anregern und Sensoren im NIR Bereich für die Sortierung von nicht transparenten Störstoffen wie Keramik, Steine und Porzellan (KSP) eingesetzt. Diese weisen in der Praxis eine gute Erkennung auf, ermöglichen aber keine Farbsortierung und haben eine niedrige Ortsauflösung.

[0004] Bei der Farbkameratechnologie sind gerade Etiketten ein großes Hindernis, so dass sogar aufwendige mechanische Methoden, wie unter AT503036B1 beschrieben, oder nasschemische Methoden zur Entfernung eingesetzt werden. Weiterhin weisen bisherige Systeme bei dunklem und dickem Farbglas (gewölbte Objekte mit vielen Bruchkanten) eine so niedrige Transmission auf, das Sie zu nichttransparenten Störstoffen sortiert werden, welches einen hohen Materialausschuss erzeugt. Durch diese Probleme weisen heutige Systeme eine hohe Übersortierung und somit wirtschaftlich ungenügende Sortiereigenschaften auf. Eine Kombination mit NIR basierten Geräten ist schlecht möglich, da dann das Glas entweder nicht nach der Farbe sortiert werden kann oder im Verarbeitungsprozess unerwünschte Kreisläufe entstehen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, mit welchem eine zuverlässige Sortierung mit einem geringen Ausschuss durch eine Übersortierung sichergestellt werden kann und welches einfach und kostengünstig durchgeführt werden kann.

[0006] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

[0007] Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass transparente Stoffe trotz einer Behaftung mit Etiketten erkannt und sortiert werden können. Weiters kann auch dunkles und dickes Farbglas zuverlässig erkannt werden. Dabei können auch gewölbte Objekte mit vielen Bruchkanten, welche eine hohe Streuung des einfallenden Lichts bewirken, zuverlässig erkannt werden.

[0008] Durch die bessere Identifikation der Stückgüter kann auch eine bessere anschließende Sortierung erreicht werden.

[0009] Die Erfindung betrifft weiters eine Beleuchtungseinheit, mit der das erfindungsgemäße Verfahren besonders einfach durchgeführt werden kann und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0010] Die Unteransprüche, welche ebenso wie die unabhängigen Patentansprüche gleichzeitig einen Teil der Beschreibung bilden, betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0011] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum spektralbasierten Sortieren;
Fig. 2 Transmissionskurven gegenüber der Wellenlänge;
Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung bei Verwendung eines monochromen Sensors; und
Fig. 4 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer vorteilhaften Ausführung einer Beleuchtungseinheit.

[0012] In Fig. 1 ist schematisch eine Vorrichtung zum spektralbasierten Sortieren transparenter und semitransparenter Schüttgüter 9 mit einer mit einer Beleuchtungseinheit 2 und einem Sensor 1 dargestellt, wobei der Sensor 1 zur Aufnahme von Transmissionssignalen ausgebildet ist. Die Beleuchtungseinheit 2 ist für eine Beleuchtung mit vorgebbaren Wellenlängen λ ausgebildet, wobei eine Beleuchtung mit diesen Wellenlängen λ zeitlich oder örtlich diskret durchführbar ist.

[0013] Der Sensor 1 kann ein monochromer Sensor sein, welcher insbesondere als Kamera ausgebildet sein kann. Hierbei erscheinen insbesondere Flächenkameras oder Zeilenkameras vorteilhaft. Die örtliche und zeitliche Auflösung des Sensors 1 kann bei mindestens 1000 Ortspunkten und mindestens 1khz Zeilenrate liegen, wobei immer höhere Zeilenraten möglich sind. Beispielsweise kann die Zeilenrate im Bereich von 4 bis 20 kHz liegen. Mit einem monochromen Sensor 1 kann eine einfache und zuverlässige Ausgestaltung des Sensors 1 bereitgestellt werden.

[0014] In dem Raum zwischen der Beleuchtungseinheit 2 und dem Sensor 1 ist vorgesehen, dass der Materialstrom durchgeführt wird.

[0015] Eine Auswerteeinrichtung ist eingangsseitig mit dem Sensor 1 und ausgangsseitig mit einer Sortiereinrichtung verbunden, wobei die Sortiereinrichtung - in Richtung des Materialstromes gesehen - nachfolgend an den Sensor 1 angeordnet ist.

[0016] Bei dem Verfahren zum spektralbasierten Sortieren transparenter und semitransparenter Schüttgüter 9 werden die Schüttgüter 9 in einem Materialstrom zwi-

schen der Beleuchtungseinheit 2 und dem Sensor 1 hindurchbewegt, mit der Beleuchtungseinheit 2 die Beleuchtung mit vorgebbaren Wellenlängen λ zeitlich oder örtlich diskret durchgeführt, mit dem Sensor 1 Transmissionssignale aufgenommen, die Transmissionssignale ausgewertet und die Schüttgüter 9 gemäß der Auswertung sortiert.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführung des Verfahrens betrifft die Sortierung von Altglas.

[0018] Die spektralen Eigenschaften von allen in der Praxis relevanten Materialien sind heute bekannt. Daher kann durch eine präzise Spektralmessung eine sehr zuverlässige Materialzuordnung getroffen werden. In der Praxis wird dieses zur Erreichung der notwendigen Sortierauflösung sinnvoll eingeschränkt werden. Daher erscheint für eine Auswertung und Sortierung zum einen wichtig, dass nicht nur die Gesamttransmission des Materials bekannt ist, sondern vor allem die Absorptionsverhältnisse bei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen. Weiterhin soll die Transmission immer noch so hoch sein, das eine technische Auswertung möglich ist. Dieses ist in vielen Spektralbereichen bei unterschiedlichen Materialstärken und Pigmentkonzentrationen allerdings nicht oder nur ungenügend gegeben. Somit erscheint es zweckmäßig, Spektralbereiche zu integrieren, bei denen eine hohe Transmission gegeben ist und auch Bereiche zur Beurteilung heranzuziehen, wo geringe oder keine Transmission gegeben ist.

[0019] Bei der Beleuchtung mit der Beleuchtungseinheit 2 erscheint es vorteilhaft, wenn zumindest eine Wellenlänge λ der Beleuchtung im UV-Bereich, zumindest eine Wellenlänge λ im VIS-Bereich und zumindest eine Wellenlänge λ im NIR-Bereich vorgegeben wird. Dabei können bei den Schüttgütern 9 zuverlässig Fremdstoffe ausgesondert werden. Bei einer geeigneten Wahl der Wellenlängen λ kann auch eine Unterscheidung in zwei oder mehr Materialen und gegebenenfalls Fremdstoffe möglich sein. Eine mögliche Anwendung kann die Sortierung von Kunststoffen sein. Dabei können die unten angeführten Vorteile - mit Ausnahme einer vollständigen Farbsortierung - in analoger Weise erzielt werden.

[0020] Werden wenigstens drei Wellenlängen λ im VIS-Bereich vorgegeben, so kann einfach die Farbe der Schüttgüter 9 im sichtbaren Bereich ermittelt werden. Dies erscheint insbesondere bei der Sortierung von Altglas geeignet. Dabei kann ein hochauflösendes spektralbasiertes Sortierverfahren (semi)transparenter Schüttgüter 9 bereitgestellt werde, bei dem mindestens fünf Wellenlängenbereiche im UV-VIS-NIR zur Farb- und Materialcharakterisierung ausgewertet werden. Diese Auswertung kann mittels des Sensors 1, beispielsweise einer Monochromkamera, welche eine Flächen- oder eine Zeilenkamera sein kann, und örtlich oder vorteilhafter zeitlich gepulsten monochromen Lichtquellen, integriert in der Beleuchtungseinheit 2, erfolgen. Dabei können mit dem Sensor 1 mindestens fünf spektrale Bereiche abgetastet und nach Farb- und Materialkriterien ausgewertet werden. Die Wellenlängen λ liegen hierbei im sichtbaren Bereich (VIS) für die Farbauswertung und im ultravioletten (UV) und nahinfraroten (NIR) Bereich zur Materialauswertung anhand der Transmissionseigenschaften der Sortierproben.

[0021] Die spektralen Eigenschaften im UV-VIS- NIR Bereich von allen in der Praxis relevanten Materialien sind heute bekannt. Daher kann durch eine präzise Spektralmessung eine sehr zuverlässige Materialzuordnung getroffen werden. Insbesondere bei den Wellenlängen λ im NIR Bereich kann ausgenützt werden, dass die Farbpigmente von transparenten Proben einen geringeren Einfluss haben und die Transmission von Papier, welcher ein häufiger Störstoff bei der Sortierung von Altglas ist, erhöht ist.

[0022] Übliche RGB Kameras weisen keine Unterscheidungsmöglichkeit zwischen gelben und laubbraunen Objekten auf, da ihre spektrale Auflösung in dem Spektralbereich auf zwei Seitenkanäle beschränkt ist, nämlich grün und rot.

[0023] Dunkle grüne Scherben weisen im blauen und roten Spektralbereich keine Transmission auf und im grünen eine so niedrige, das sie technisch häufig einem nichttransparenten Störstoff zugeordnet werden müssen. Im UV und NIR Bereich weisen Sie aber eine hohe Transparenz auf, sodass sie von Keramik und Steinen unterscheidbar sind. Bei Papieretiketten nimmt die Transmission im NIR Bereich ebenfalls zu, so dass auch etikettenbehaftete Scherben leichter als diese erkannt werden können. Zusätzlich weisen die Pigmente von dunklen Farbglasscherben im NIR Bereich eine höhere Transmission auf, so dass auch hier eine einfache Beurteilung möglich ist. Störstoffe wie KSP und Metalle weisen aber in dem gesamten Spektralbereich keine Transmission auf. Daher kann insbesondere durch die Verwendung von Wellenlängen λ im UV, im VIS und im NIR-Bereich eine zuverlässige Zuordnung der Schüttgüter 9 erfolgen und eine effiziente Sortierung erzielt werden.

[0024] Bei anderen Ausführungsformen kann auch vorgesehen sein, dass mehr als drei Wellenlängen λ im VIS-Bereich vorgegeben werden, wodurch die Bestimmung der Farben weiter verbessert werden kann und insbesondere für häufig vorkommende Farben eine besonders gute Erkennbarkeit sichergestellt werden kann.

[0025] In Figur 2 sind Transmissionskurven τ gegenüber der Wellenlänge λ dargestellt. Für eine Erkennung der Materialeigenschaften der Objekte ist es vorteilhaft mindestens eine Wellenlänge λ im UV, drei Wellenlängen λ im sichtbaren Bereich für die Farbauswertung und mindestens eine im NIR Bereich aufzunehmen und auszuwerten. Eine weitere Unterscheidung ist durch zusätzliche Wellenlängen λ möglich. So kann eine zusätzliche Wellenlänge λ zwischen Grün und Rot eine Unterscheidung zwischen gelben und laubbraunen Scherben ermöglichen.

[0026] In Fig. 2 sind die Transmissionskurven τ zweier unterschiedlicher Materialien als kontinuierliche Kurven über der Wellenlänge λ dargestellt. Weiters sind sechs vertikale Balken dargestellt, welche mögliche vorgebba-

re Wellenlängen λ darstellen. Aufgrund der Werte bei diesen vorgegebenen Wellenlängen λ lassen sich die beiden dargestellten Materialien einfach und zuverlässig unterscheiden.

[0027] Bei bestimmten Materialien, zum Beispiel bestimmten Kunststoffen, ist es sinnvoll, mehr Wellenlängen λ im UV oder NIR Bereich einzusetzen.

[0028] Bei einem Ausführungsbeispiel des Sortierverfahren wird eine UV Wellenlänge λ von 370 nm, sichtbare Wellenlängen λ von 460nm, 530nm und 630nm und eine NIR Wellenlänge λ von 940nm verwendet.

[0029] Vorteilhaft erscheint, wenn die Wellenlängen λ aus dem Empfindlichkeitsbereich von Kamerasensoren auf CMOS oder CCD Basis ausgewählt werden, wodurch sie typisch auf den Bereich von 300nm bis 1200nm, insbesondere von 350nm bis 1050nm, begrenzt sind.

[0030] Bei der Beleuchtungseinheit 2 können die den vorgebbaren Wellenlängen λ zugeordneten Spektralbereiche örtlich oder zeitlich separiert werden. Als Leuchtmittel 3 können vorzugsweise Hochleistungs-LED's, also LED Die größer oder ungefähr gleich 1mm^2, eingesetzt werden, welche im Spektralbereich von 300 nm bis 1200nm in einer Zentralwellenlängenabstufung von ca. 20 nm verfügbar sind.

[0031] Bei Verwendung eines Sensor 1, der monochrom ist, erscheint es zweckmäßig die den vorgebbaren Wellenlängen λ zugeordneten Aufnahmen örtlich oder zeitlich zu trennen. Dieses ist in Figur 3 schematisch dargestellt, wobei unterschiedliche Wellenlängen λ durch unterschiedliche Graustufen symbolisiert sind. Die Balken können sowohl als örtliche als auch als zeitliche Abfolge angesehen werden, wodurch die örtliche bzw. die zeitliche Trennung symbolhaft dargestellt ist.

[0032] Bei beiden Möglichkeiten bieten sich als Sensor 1 Flächenkamerasensoren an. Bei dem Einsatz eines Zeilensensors erscheint nur die zeitliche Trennung zweckmäßig, wobei die monochromen Zeilen sequenziell aufgenommen werden und durch Interpolation die monochromen Signale zeilenmäßig überlagert werden können.

[0033] Bei den Flächenkameras sind CMOS basierte Sensoren 1 vorteilhaft, da die Auslesebereiche hier einstellbar sind und nicht der gesamte Sensor ausgelesen werden muss. Bei heutigem technischen Stand kann zum Beispiel ein CMOS-Sensor mit 2200x 3000 Pixeln eingesetzt werden.

[0034] Bei einer örtlichen Trennung können die spektralen Beleuchtungsbereiche im Sortiersystem in Materiallaufrichtung getrennt werden und die Aufnahmebereiche auf dem Sensor 1 zu diesen eingeschränkt werden. Anschließend kann eine zeitliche Überlagerung der Teilbilder vorgenommen werden.

[0035] Die vorteilhaftere Ausführung erscheint die zeitliche Trennung der Signale zu sein. LED Beleuchtungen können sehr schnell geblitzt werden, wobei einzelne Lichtblitze lediglich wenige Mikrosekunden dauern können. Somit können sequenziell Teilbilder der durchlaufenden Objekte bei unterschiedlichen Wellenlängen λ an der selben Stelle aufgenommen werden. Da die genauen Zeitpunkte der Lichtblitze bekannt ist, können diese spektralen Teilbilder zeitlich zusammengesetzt werden.

[0036] Für den Aufbau einer vorteilhaften Ausführung einer Beleuchtungseinheit 2 wird der Einsatz von UV (370 nm oder 405nm), roten (typ. 630nm), grünen (typ. 530nm) und blauen (typ. 460nm) und NIR (typ. 840 oder 940nm) LED-Dies (typisch AlGaInP und InGaN Technologie) ohne Farbkonversionsschicht vorgeschlagen. Eine vorteilhafte Anordnung ist in Figur 4 dargestellt. Dabei sind vorzugsweise die fünf LED Dies sehr dicht gemeinsam in einem LED Modul 31 integriert. Alternativ kann zur weiteren Erhöhung der Leuchtdichte die Chip on Board - Technologie auf Standard-, Metallkern- oder Keramikleiterplatten angewendet werden. Die LED Beleuchtungseinheiten können einreihig oder mehrreihig zur Beleuchtungsverstärkung eingesetzt werden.

[0037] Eine Anordnung der LEDs in den Seitenwänden 6 und Verspiegelung der übrigen Flächen ist möglich.

[0038] Für die Glassortierung sind heute direkte Beleuchtungssysteme üblich, welche eine Hellfeldbeleuchtung darstellen. Dabei ist der Anteil zwischen direkter und diffuser Beleuchtung unterschiedlich. Bei der Anwendung im Glassortierbereich werden gebrochene und geformte Objekte bewertet, welche durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet sind:

> Die Scherben weisen zum einen scharfe Bruchkanten in allen Ausrichtungen auf und haben im Objekt häufig keine planparallelen Oberflächen, sondern linsenförmige. Weiterhin sind die Pigmente im Volumen eingebracht und die Oberflächen häufig mit Etiketten oder Verschmutzungen besetzt.

[0039] In einer Hellfeld Beleuchtung, gerade mit hohem direkten Anteil, erzeugen diese beschriebenen Eigenschaften große Probleme in der Bewertung der Objekte. Eine reine Dunkelfeldbeleuchtung ist technisch auch nicht vorteilhaft, da hier ein kontinuierlicher Abgleich der Kamera nicht möglich ist.

[0040] Die Beleuchtung kann insbesondere als Teildunkelfeldbeleuchtung ausgebildet sein. Eine Teildunkelfeldbeleuchtung ist eine Beleuchtung, welche sowohl eine Dunkelfeldbeleuchtung als auch eine Hellfeldbeleuchtung umfasst.

[0041] Daher wird die beschriebene Anordnung vorgeschlagen, welche einen hohen Anteil an indirekter Beleuchtung (Dunkelfeld) hat, durch den vorderen abschließenden Diffusor 5 aber auch einen geringeren Anteil einer Hellfeldbeleuchtung. Die Dunkelfeldbeleuchtung wird dadurch realisiert, dass die Beleuchtungseinheiten 2 außerhalb des Sichtfensters 11 des Sensors 1 liegen und der Sensor 1 direkt auf einen dunklen Streifen 4 in der Beleuchtungseinheit 2 sieht. Das Licht der LED's wird über spiegelnd oder diffus hochreflektierende Wände 6, beispielsweise anodisierte Aluminiumbleche, homogenisiert und bis zur Austrittsebene der Beleuchtungseinheit

2 geleitet. Dort ist der Diffusor 5 angebracht, der den Hellfeldanteil der Beleuchtungseinheit 2 erzeugt. Dieser Diffusor 5 ist in der Praxis notwendig, da der Bereich, in welchem sich die Objekte bewegen, stark verschmutz ist und somit bei jeder Beleuchtungsart ein zusätzlicher variabler diffuser Anteil durch die Verschmutzungen zu erwarten ist.

[0042] Durch die Streuung am Diffusor 5 erhält der Sensor 1 einen konstanten Anteil an Licht. Somit kann der Sensor 1 auch langzeitig auf das Licht und die Farbe abgeglichen werden. Der Diffusor 5 kann mit einer über den gesamten Spektralbereich transparenten Abdekkung 7 zum Schutz der Beleuchtungseinheit 2 abgedeckt.

[0043] Durch die kompakte Ausführung der Beleuchtungseinheit 2 und den effizienten Einsatz der Leuchtelemente 3 lässt sich eine passive Kühlung 9 über wärmeleitende Halterungsmaterialien realisieren.

[0044] Das Sichtfenster 11 des Sensors 1 kann auf einen Sichtbereich 4 der Beleuchtungseinheit 2 ausgerichtet sein, wobei sämtliche Leuchtelemente 3 der Beleuchtungseinheit 2 außerhalb des Sichtbereiches 4 angeordnet sind und wobei der Hellfeldanteil der Teildunkelfeldbeleuchtung durch ein passives lichtdiffusierendes Element 5 an der dem Sensor 1 zugewandten Seite der Beleuchtungseinheit 2 bewirkt wird.

[0045] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Beleuchtungseinheit 2 umfasst mehrere Leuchtelemente 3, den Sichtbereich 4 zum Zusammenwirken mit dem Sichtfenster 11 des Sensors 1, wobei sämtliche Leuchtelemente 3 außerhalb des Sichtbereiches 4 angeordnet sind, und das passive lichtdiffusierende Element 5 zur Ausbildung des Hellfeldanteils der Teildunkelfeldbeleuchtung. Dabei sieht der Sensor 1 die Leuchtelemente 3 nicht direkt im Strahlengang, sondern eine direkte Beleuchtung entsteht nur durch den passiven Diffusor 5.

[0046] Das lichtdiffusierende Element 5 kann aus Glas oder Kunststoff ausgebildet sein. Dabei ist das lichtdiffusierende Element 5 vorzugsweise oberflächen- oder volumensatiniert und weist lediglich geringe Absorptionsverluste auf.

[0047] Der Raum zwischen den Leuchtelementen 3 und dem lichtdiffusierenden Element 5 kann von seitlichen Begrenzungen 6 begrenzt sein, wobei die seitlichen Begrenzungen 6 spiegelnd oder diffus hochreflektierend ausgebildet sind, wodurch eine gute Homogenisierung der Dunkelfeldbeleuchtung erreicht werden kann. Weiters kann sichergestellt werden, dass ein hoher Anteil der Lichtenergie den Sensor 1 erreicht, wodurch die erforderliche Leistung der Beleuchtungseinheit 2 möglichst gering gehalten und ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann.

[0048] Bei immer kürzeren Aufnahmezeiten des Sensors 1, insbesondere bei höheren Zeilenraten, sind immer kürzere Belichtungszeiten und somit höhere Leuchtdichten erforderlich. Beispielsweise sind Leuchtdichten für Systeme mit 4-20 kHz Zeilenrate mit Leuchtstoffröhren oder thermischen Leuchtmitteln nur schwer erreichbar.

[0049] Für die Leuchtelemente 3 können LEDs verwendet werden, wodurch eine hohe Leuchtdichte bereitgestellt werden kann. Ein LED basiertes Beleuchtungssystem wird in AT004889U1 beschrieben.

[0050] Eine Ausführung zur Erhöhung der Lichtintensität ist in der DE202004019684U1 beschrieben.

[0051] Systeme mit LED's können mit Standard LED's arbeiten, wobei als Standard die 0,3 mm Die-Technologie, strahlbündelnde Optiken und vor allem die Weißlichterzeugung mit blauem LED Die und kombiniertem gelben Fluoreszenzfarbstoff (Weißlicht-LED's) angesehen wird.

[0052] Die Leuchtdichte kann durch die Verwendung von Hochleistungs-LED's (1mm LED-Die oder größer) erhöht werden. Durch die Farbkonversion erfordert diese Art der Beleuchtung im Allgemeinen aber aktive Kühlung, welche zum Beispiel mit Wasserkühlungen bewerkstelligt wird.

[0053] Es kann vorgesehen sein, dass mit der Beleuchtungseinheit 2 monochrome Lichtblitze erzeugt werden, wobei sequenziell Lichtblitze in sämtlichen vorgebbaren Wellenlängen λ erzeugt werden. Dabei kann eine vorbestimmte Reihenfolge der vorgebbaren Wellenlängen in einer Endlosschleife während der Durchführung des Verfahrens wiederholt werden.

[0054] Etiketten werden somit indirekt beleuchtet. Bruchkanten und linsenförmige Formen haben durch die indirekte "Teildunkelfeldbeleuchtung" eine deutlich erhöhte Signalintensität. Daher unterscheidet sich Papier von nichttransparenten Materialien (Keramik und Steine). Dünnes Porzellan, welches im Volumen etwas weiß und semitransparent sein kann, fällt in einen eigenen Farb-Intensitäts-Bereich. In Zusammenhang mit einer Objektauswertung kann so eine Unterscheidung vorgenommen werden. Gerade Etiketten auf Farbgläsern sind durch die Kombination von weißem Papier mit den Volumenfarbpigmenten erkennbar. Dicke dunkle Farbscherben ergeben durch den hohen Anteil an Dunkelfeldbeleuchtung sehr intensive Farbsignale.

[0055] Die Farb- und materialbasierte Auswertung der durch die Teildunkelfeldbeleuchtung sehr intensiven Transmissionssignale ermöglich somit eine sehr effektive und präzise Sortierung der semitransparenten Schüttgüter.

[0056] Weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen weisen lediglich einen Teil der beschriebenen Merkmale auf, wobei jede Merkmalskombination, insbesondere auch von verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen, vorgesehen sein kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum spektralbasierten Sortieren transparenter und semitransparenter Schüttgüter (9), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schüttgüter (9) in einem Materialstrom zwischen einer Beleuch-

tungseinheit (2) und einem Sensor (1) hindurchbewegt werden, dass mit der Beleuchtungseinheit (2) eine Beleuchtung mit vorgebbaren Wellenlängen (λ) zeitlich oder örtlich diskret durchgeführt wird, dass mit dem Sensor (1) Transmissionssignale aufgenommen werden, dass die Transmissionssignale ausgewertet und die Schüttgüter (9) gemäß der Auswertung sortiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Wellenlänge (λ) der Beleuchtung im UV-Bereich, zumindest eine Wellenlänge (λ) der Beleuchtung im VIS-Bereich und zumindest eine Wellenlänge (λ) im NIR-Bereich vorgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest drei Wellenlängen (λ) der Beleuchtung im VIS-Bereich vorgegeben werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtung als Teildunkelfeldbeleuchtung ausgebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sichtfenster (11) des Sensors (1) auf einen Sichtbereich (4) der Beleuchtungseinheit (2) ausgerichtet wird, dass sämtliche Leuchtelemente (3) der Beleuchtungseinheit (2) außerhalb des Sichtbereiches (4) angeordnet werden, und dass ein Hellfeldanteil der Teildunkelfeldbeleuchtung durch ein passives lichtdiffusierendes Element (5) an der dem Sensor (1) zugewandten Seite der Beleuchtungseinheit (2) bewirkt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Sensor (1) ein monochromer Sensor verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Beleuchtungseinheit (2) monochrome Lichtblitze erzeugt werden, wobei sequenziell Lichtblitze in sämtlichen der vorgebbaren Wellenlängen (λ) erzeugt werden.

8. Beleuchtungseinheit (2) für ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Zusammenwirken mit einem optischen Sensor (1), umfassend mehrere Leuchtelemente (3) und einen Sichtbereich (4) zum Zusammenwirken mit dem Sichtfenster (11) des Sensors (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** sämtliche Leuchtelemente (3) außerhalb des Sichtbereiches (4) angeordnet sind, dass die Beleuchtungseinheit (2) zur Ausbildung einer Teildunkelfeldbeleuchtung ein passives lichtdiffusierendes Element (5) zur Ausbildung eines Hellfeldanteils aufweist.

9. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das lichtdiffusierende Element (5) aus Glas oder Kunststoff oberflächen- oder volumensatiniert mit geringen Absorptionsverlusten ausgebildet ist.

10. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Raum zwischen den Leuchtelementen (3) und dem lichtdiffusierenden Element (5) von seitliche Begrenzungen (6) begrenzt ist, und dass die seitlichen Begrenzungen (6) spiegelnd oder diffus hochreflektierend zur Homogenisierung der Dunkelfeldbeleuchtung ausgebildet sind.

11. Beleuchtüngseinheit nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie für eine zeitlich oder örtlich diskrete Beleuchtung mit vorgebbaren Wellenlängen (λ) ausgebildet ist.

12. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der vorgebbaren Wellenlängen (λ) im UV-Bereich ist, dass zumindest eine, vorzugsweise wenigstens drei, der vorgebbaren Wellenlängen (λ) im VIS-Bereich und dass zumindest eine der vorgebbaren Wellenlängen (λ) im NIR-Bereich ist.

13. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leuchtelemente (3) LEDs sind.

14. Vorrichtung zum spektralbasierten Sortieren transparenter und semitransparenter Schüttgüter (9) mit einer mit einer Beleuchtungseinheit (2) und einem Sensor (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinheit (2) gemäß einem der Patentansprüche 8 bis 13 ausgebildet ist, und dass der Sensor (1) zur Aufnahme von Transmissionssignalen ausgebildet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (1) ein monochromer Sensor ist.

Fig. 1

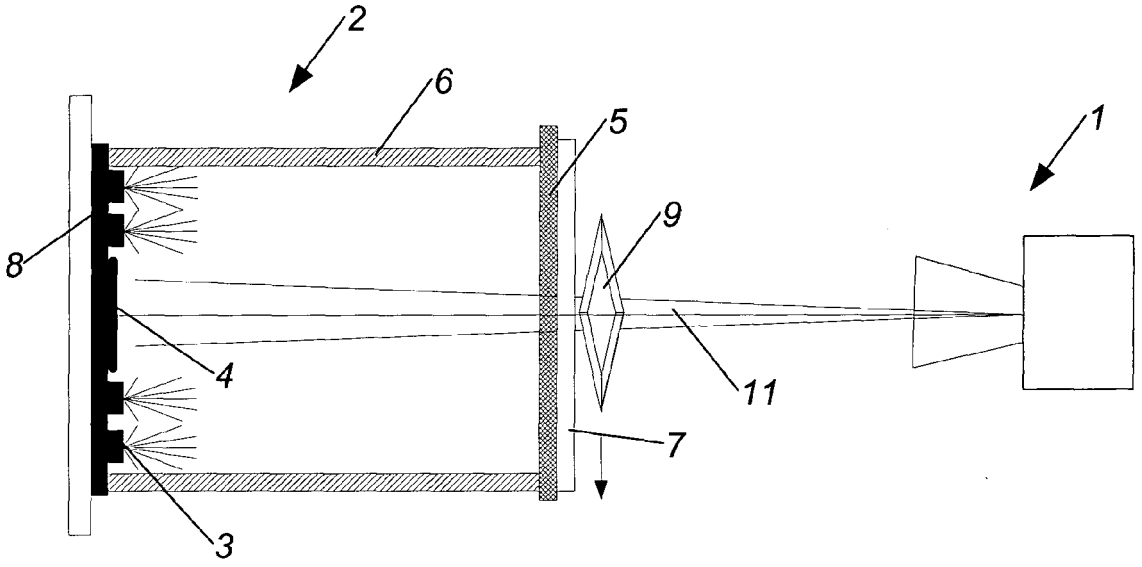


Fig. 2

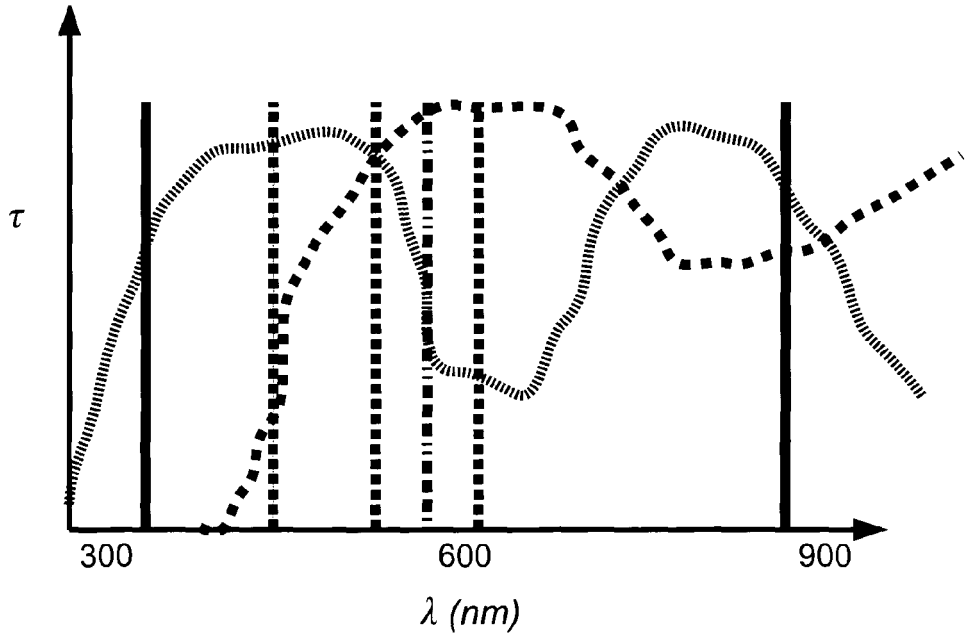


Fig. 3

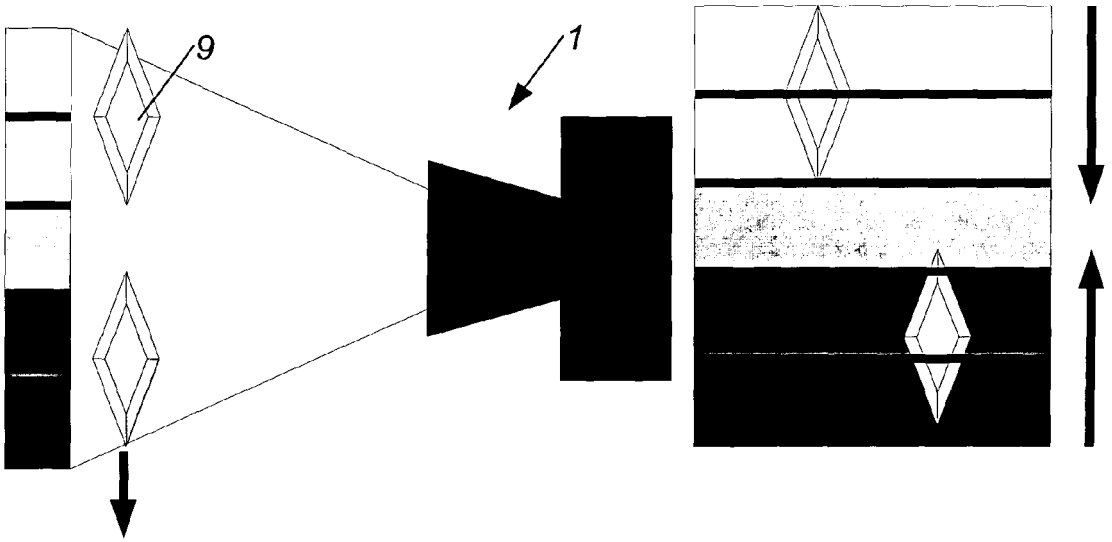
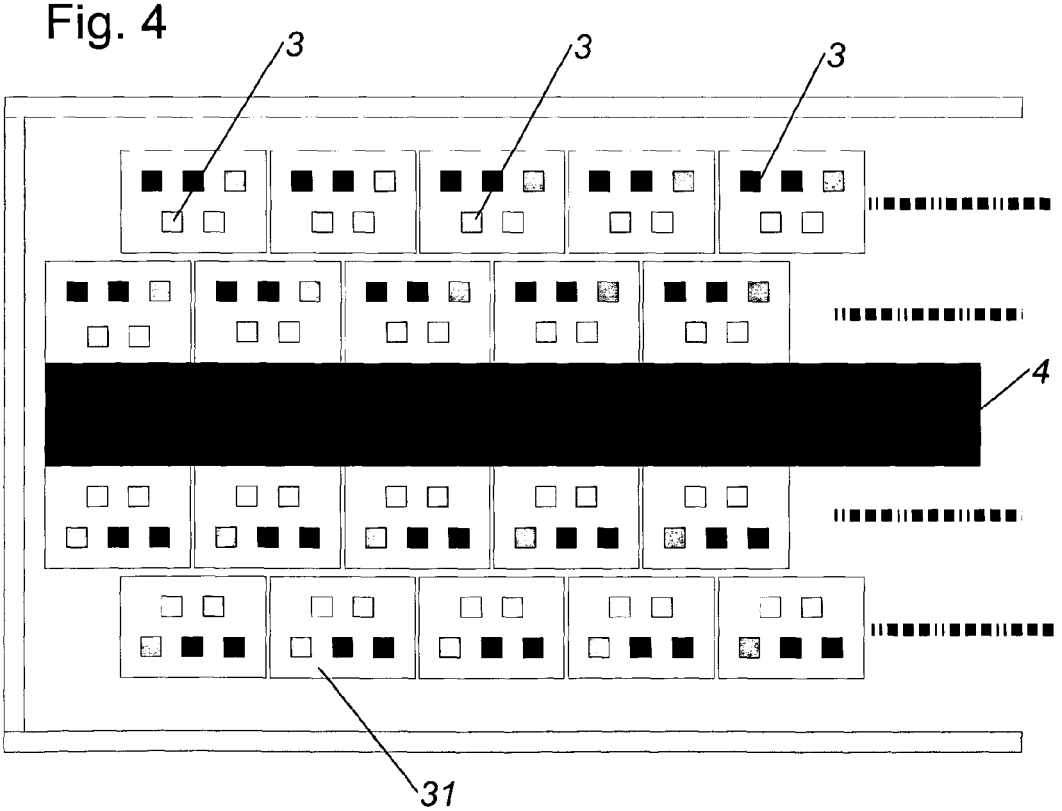


Fig. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- AT 410847 **[0002]**
- EP 0734789 A3 **[0002]**
- AT 503036 B1 **[0004]**
- AT 004889 U1 **[0049]**
- DE 202004019684 U1 **[0050]**