

(19)



österreichisches  
patentamt

(10)

AT 506 599 A4 2009-10-15

(12)

## Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 903/2008**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G01N 21/21** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **05.06.2008**

(43) Veröffentlicht am: **15.10.2009**

(73) Patentinhaber:

AZIZ ABDULRASAGH DIPL.ING. DR.  
A-8071 GÖSSENDORF (AT)  
AZIZ KIRMANJ  
A-8071 GÖSSENDORF (AT)

### (54) MULTIOBJEKTIDENTIFIKATION

(57) Verfahren zur simultanen Messung für die Bestimmung gewünschter Elemente, z.B. aller Elemente, der Müllermatrix eines Objektes, worin ein die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus zwei bis vier Strahlen aus zwei bis vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung tritt und die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel nach Wechselwirkung simultan gemessen, und aus diesen Messungen die gewünschten Elemente der Müllermatrix berechnet werden; ein Messgerät enthaltend ein Bestrahlungssystem bestehend aus zwei bis vier Strahlen aus zwei bis vier Strahlungsquellen, die verschiedenen Polarisationszustände besitzen, und Sensoren, die die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel nach Wechselwirkung mit einem Objekt simultan messen, und einen Rechner, der aus diesen Messungen die gewünschten Elemente der Müllermatrix berechnet, sowie die Verwendung eines solchen Verfahrens oder eines solchen Messgerätes zur Identifikation eines Objektes.

AT 506 599 A4 2009-10-15

## Zusammenfassung

Verfahren zur simultanen Messung für die Bestimmung gewünschter Elemente, z.B. aller Elemente, der Müllermatrix eines Objektes, worin ein die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus zwei bis vier Strahlen aus zwei bis vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung tritt und die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel nach Wechselwirkung simultan gemessen, und aus diesen Messungen die gewünschten Elemente der Müllermatrix berechnet werden; ein Messgerät enthaltend ein Bestrahlungssystem bestehend aus zwei bis vier Strahlen aus zwei bis vier Strahlungsquellen, die verschiedenen Polarisationszustände besitzen, und Sensoren, die die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel nach Wechselwirkung mit einem Objekt simultan messen, und einen Rechner, der aus diesen Messungen die gewünschten Elemente der Müllermatrix berechnet, sowie die Verwendung eines solchen Verfahrens oder eines solchen Messgerätes zur Identifikation eines Objektes.



### Multiobjektidentifikation

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Multiobjektidentifikation, nämlich ein Verfahren zur simultanen Bestimmung der erwünschten Elemente (bzw. Parameter), z.B. von bis zu 16 Elementen, wie aller 16 Elemente, der Müllermatrix von zu identifizierenden Objekten unter Verwendung von polarisiertem Licht. Eine solche Multiobjektidentifikation kann z.B. zur automatisierten Erkennung von Kunststoffen verwendet werden.

Konzepte für die Verwendung von polarisiertem Licht zur automatisierten Erkennung von Kunststoffen sind bekannt. Dabei wird ein Polarisationszustand (linear polarisiertes Licht oder zirkular polarisiertes Licht) zur Beleuchtung der Objekte genutzt und die Änderung dieses Zustandes detektiert. Mit einem solchen Verfahren kann festgestellt werden, ob ein Objekt einen Einfluss auf polarisiertes Licht besitzt, jedoch nicht welcher Effekt zur Änderung des Polarisationszustandes führt. Solche Konzepte werden in erster Linie zur Unterscheidung von kristallinen und amorphen Materialien verwendet.

Die Wechselwirkung zwischen quasimonochromatischem Licht und einem Objekt wird mathematisch durch die Matrixgleichung.

$$S' = M S$$

dargestellt, wobei

**S'** Zustand des polarisierten Lichtes nach der Wechselwirkung.

Ausgangs-Stockvektor (1X4 Matrix)

**S** Zustand des polarisierten Lichtes vor der Wechselwirkung.

Eingangs-Stockvektor (1X4 Matrix)

**M** Müllermatrix (Polarisationseigenschaften des Objekts. Eine 4X4 Matrix)

$$S = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_H + I_V \\ I_H - I_V \\ I_{45} - I_{-45} \\ I_R - I_L \end{pmatrix} ; \quad M = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$$

Die Müllermatrix enthält die gesamte Information über die Polarisations-eigenschaften eines Objekts. Für die Bestimmung der kompletten Müllermatrix, nämlich aller Elemente der Müllermatrix, werden vier verschiedene Polarisationszustände (z.B.: Linear Horizontal  $S_H$ , Linear Vertikal  $S_V$ , Linear  $45^\circ$   $S_P$  und Rechtszirkular  $S_R$ ) zur Bestrahlung des Objekts und vier Analytoreinstellungen zur Messung der, durch die Wechselwirkung mit dem Objekt, modifizierten Polarisationszustände (z.B.:  $S'_H$ ,  $S'_V$ ,  $S'_P$ ,  $S'_R$ ) benötigt. Insgesamt werden 16 Intensitätsmessungen mit unterschiedlichen Kombinationen der Polarisator- und Analytoreinstellung (z.B.: HH, HV, HP, HR, VH, VV, ...) durchgeführt.

Werden jedoch nicht depolarisierende Objekte untersucht, so lässt sich zeigen, dass die Müllermatrix nur noch sieben Freiheitsgrade besitzt. Es reichen in diesem Fall neun Intensitätsmessungen aus, um die komplette Müllermatrix zu bestimmen.

Unter der Annahme, dass die Depolarisierung des linear polarisierten Lichtes nicht von dessen Orientierung abhängt, lassen sich nur mit linearen Polarisatoren (neun Intensitätsmessungen) neun Elemente der Müllermatrix berechnen und aus diesen die unabhängigen Parameter, wie lineare Verzögerung, zirkulare Verzögerung, lineare Depolarisation und lineare Diattenuation bestimmen. Diese Annahme trifft auf ~~t~~trübe Objekte zu.

Ferner interessiert man sich oftmals nur für bestimmte Polarisations-eigenschaften der zu untersuchende Objekte.

z.B.:

Diattenuation: Zur Bestimmung der Diattenuation sind vier Messungen notwendig. Es ist ein Aufbau mit vier Strahlungsquellen zu realisieren.

Lineare Diattenuation: Zur Bestimmung der linearen Diattenuation sind nur noch drei Messungen notwendig. Es ist ein Aufbau mit drei Strahlungsquellen zu realisieren.

Zirkulare Diattenuation: Zur Bestimmung der zirkularen Diattenuation sind nur noch zwei Messungen notwendig. Es ist ein Aufbau mit zwei Strahlungsquellen zu realisieren.

Polarimeter und Ellipsometer sind Laborinstrumente zur Bestimmung von Müllermatrizen. Im Labor werden diese zur Messung von Schichtdicken, Brechungsindex, usw. verwendet.

Es gibt verschiedene Anordnungen zur Realisierung von Polarimetern, bzw. Ellipsometern. Diese bestimmen jedoch die Elemente der Müllermatrix durch sequentielle Messungen. Es ist bisher kein Verfahren zur Bestimmung aller erwünschten, beispielsweise aller 16, Elemente der Müllermatrix, durch simultane Messungen, zur automatisierten Objektidentifikation bekannt.

Es wurde nun überraschend ein Verfahren zur simultanen Bestimmung aller erwünschten Elemente der Müllermatrix, beispielsweise aller 16 Elemente der Müllermatrix, durch simultane Messungen von zu identifizierenden Objekten unter Verwendung von polarisiertem Licht gefunden.

In einem Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung aller erwünschten Elemente der Müllermatrix, beispielsweise aller 16 Elemente (bzw. Parameter) der Müllermatrix, eines Objektes durch simultane Messungen zur Verfügung, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus zwei bis vier Strahlenbündeln, wie vier Strahlenbündel, aus zwei bis vier Strahlungsquellen, wie vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung treten und die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel, wie vier Strahlenbündel, nach Wechselwirkung simultan gemessen und aus diesen Messungen die erwünschten Elemente, z.B. alle 16 Elemente, der Müllermatrix berechnet werden.

Ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung schließt die Bestimmung eines Teils und nicht nur aller Elemente der Müllermatrix durch simultane Messungen durch Vereinigung von zwei bis vier Strahlenbündeln, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, ein.

Ein Verfahren, das gemäß vorliegender Erfindung zur Verfügung gestellt wird, wird hierin auch als „Verfahren gemäß vorliegender Erfindung“ bezeichnet.

Ein Bestrahlungssystem, das beispielsweise gemäß vorliegender Erfindung verwendet werden kann, besteht aus zwei bis vier Strahlungsquellen. Von den Strahlungsquellen gehen zwei bis vier Strahlenbündel, beispielsweise STR1, STR2, STR3 und STR4, mit willkürlichen, jedoch verschiedenen Spektralbereichen aus. Die Strahlenbündel werden, z.B. mit Hilfe von

Polarisatoren, verschieden polarisiert und wieder vereint, beispielsweise mit Hilfe der Beam-Combiner (BC)-Methode, d.h. mit Hilfe mehrerer BCs. Beispielsweise werden mit Hilfe eines BC (BC1) die polarisierten Strahlenbündel STR1 und STR2 aus zwei Strahlenquellen<sup>1</sup> und<sup>2</sup> vereint; und mit Hilfe eines weiteren BC (BC2) werden die bereits vereinten Strahlenbündel STR1 und STR2 mit einem polarisierten Strahlenbündel STR3 aus der Strahlenquelle<sup>3</sup> vereint. Mit Hilfe eines dritten BC (BC3) werden dann vier Strahlenbündel in einem Strahlenbündel vereint und es entsteht ein Strahlenbündel STR, das aus zwei bis vier verschieden polarisierten Strahlenbündeln besteht. Mit diesem vereinigten Strahlenbündel wird das zu untersuchende Objekt bestrahlt. Eine mögliche Anordnung mit vier Strahlenbündeln STR1 bis STR4 ist beispielsweise in Fig. 1 dargestellt.

In einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung zu Verfügung, in der zwei bis vier Strahlenbündel, beispielsweise vier Strahlenbündel, vor der Wechselwirkung mit dem Objekt verschieden polarisiert und, gegebenenfalls mit Hilfe von Beam-Combinern, zu einem Strahlenbündel vereint werden, womit das zu untersuchende Objekt bestrahlt wird, z. B. gemäß Fig. 1, worin eine Anordnung gezeigt ist, in der vier Strahlenbündel verwendet werden.

Die Veränderungen der Polarisationszustände werden anschließend mit einer Sensoreinheit gemessen. Solche Sensoreinheiten und entsprechende Messverfahren schließen Sensoreinheiten und entsprechende Messverfahren, wie z.B. ~~hierin~~ in *Variante 1*, *Variante 2* und *Variante 3* beschrieben, mit ein. Wie man aus der nachfolgenden Beschreibung ersehen kann, vereinfachen sich die Sensoreinheiten bei der Bestimmung nur eines Teils der Elemente der Müllermatrix gegenüber der Bestimmung aller Elemente der Müllermatrix, also der kompletten Müllermatrix. Für die Bestimmung der Diattenuation beispielsweise benötigt man in einem Aufbau gemäß Variante 1 beispielsweise nur einen einzigen Sensor.

#### Variante 1

Die Veränderungen der Polarisationszustände werden mit einer Sensoreinheit, die aus ein bis vier Sensoren besteht, gemessen. Für die Bestimmung nur eines erwünschten Teils, das heißt nicht aller 16 Elemente der Müllermatrix, kann die Anzahl der Sensoren entsprechend

reduziert werden, beispielsweise benötigt man zur Bestimmung der Diattenuation allein nur einen einzigen Sensor.

Das, in die Sensoreinheit eintretende Strahlenbündel wird mit Strahlenteilern in zwei bis vier Strahlenbündel geteilt. Diese fallen getrennt auf die Sensoren ein. Vor jedem Sensor befindet sich eine Optik, die aus einem Analysator mit einer bestimmten Polarisations-einstellung und einer spektralen Aufspaltungsoptik, beispielsweise unter Verwendung eines Transmissions- oder Reflektionsgitters, besteht. Mit Hilfe der Optiken werden die Strahlenbündel in deren Spektren aufgespalten und auf Flächensensoren projiziert; z.B. gemäß oder analog Fig. 2. Auf diese Weise werden die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel mit der Sensoreinheit gemessen und dadurch die erwünschten, beispielsweise alle 16, Elemente der Müllermatrix bestimmt.

In einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung zur Verfügung, worin die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel, beispielsweise der vier Strahlenbündel, mit Hilfe einer Sensoreinheit gemessen werden, die aus einem bis vier Sensoren, beispielsweise vier Sensoren, besteht, wobei sich vor jedem Sensor eine Optik befindet, die aus einem Analysator mit einer bestimmten Polarisations-einstellung und einer spektralen Aufspaltungsoptik besteht, z.B. unter Verwendung eines Transmissions- oder Reflexionsgitters; z.B. gemäß oder analog Fig. 2, in der vier Strahlenbündel Verwendung finden.

### Variante 2

Die Intensitäten der Strahlenbündel können auch ohne Gitter zur Spektrensplattung mittels Sensoren mit Kombipixel gemessen werden.

In einem Fall besteht jeder Kombipixel der Sensoren aus zwei bis vier kleineren Pixels, die mit zwei bis vier unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind, wobei die Farbfilter verschieden angeordnet sein können, z.B. wenn nur ein gewünschter Teil der Müllermatrix bestimmt werden soll..

In einem anderen Fall besteht jeder Kombipixel der Sensoren aus ein bis vier kleineren Pixels, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet werden, wobei jeder der zwei bis vier Sensoren mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird, z.B. im Falle von vier Sensoren zur Bestimmung aller Elemente der Müllermatrix.

In einem anderen Fall besteht jeder Kombipixel der Sensoren aus vier kleineren Pixels, die mit vier unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind, wobei die Farbfilter verschieden angeordnet sein können. Eine dementsprechende, mögliche Anordnung ist in Fig. 5 dargestellt.

In einem anderen Fall besteht jeder Kombipixel der Sensoren aus vier kleineren Pixels, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, wobei jeder der vier Sensoren mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird. Eine dementsprechende, mögliche Anordnung ist in Fig. 6 dargestellt.

In einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung zur Verfügung, worin die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel mit Hilfe einer Sensoreinheit mit Kombipixel gemessen werden,

- wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus zwei bis vier kleineren Pixels besteht, die mit unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind; z.B. analog zu Fig. 5; beispielsweise werden die Intensitäten der vier Strahlenbündel mit Hilfe einer Sensoreinheit mit Kombipixel gemessen, wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus vier kleineren Pixels besteht, die mit vier unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind; z.B. gemäß Abbildung 5, oder
- wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus ein bis vier kleineren Pixels, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, besteht und wobei jeder der zwei bis vier Sensoren mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird; z.B. analog zu Fig. 6; beispielsweise besteht jeder Kombipixel der Sensoren aus vier kleineren Pixels, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, wobei jeder der vier Sensoren mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird; z.B. gemäß Fig. 6.

### Variante 3

Mit einer spektralen Aufspaltungsoptik wird das vom Objekt kommende eintretende Strahlenbündel in dessen Spektren aufgespaltet und auf einen mit Polarisationsfiltern (A1 bis A4) beschichteten Flächensensor mit Kombipixel projiziert. Eine dementsprechende, mögliche Anordnung ist beispielsweise in Fig. 7 dargestellt.

Im allgemeinen wird mit einer spektralen Aufspaltungsoptik das vom Objekt kommende eintretende Strahlenbündel in dessen Spektren aufgespaltet und auf einen Flächensensor mit Kombipixels, die mit 1 bis 4 Polarisationsfilter beschichtet sind, projiziert.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung zur Verfügung, worin die zwei bis vier, insbesondere vier, vom Objekt kommenden Strahlenbündel mit Hilfe einer spektralen Aufspaltungsoptik in deren Spektren aufgespaltet und auf einen Flächensensor mit Kombipixel, der mit Polarisationsfiltern beschichtet ist, insbesondere ein bis vier, insbesondere vier, Polarisationsfiltern, projiziert werden; z.B. analog oder gemäß wie in Fig. 7 gezeigt.

Ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung kann in einer Transmissionsanordnung bestehen, das heißt, der Strahl, bestehend aus den zwei bis vier Strahlenbündeln, wird durch das Objekt geleitet, worauf die Veränderungen der Polarisation der zwei bis vier Strahlenbündel gemessen werden; oder in einer Reflexionsanordnung, das heißt, der Strahl, bestehend aus den zwei bis vier Strahlenbündeln, wird auf das Objekt gerichtet und vom Objekt reflektiert, worauf die Veränderungen der Polarisation der zwei bis vier Strahlenbündel gemessen werden.

Die Messung der Änderung der Polarisation der zwei bis vier Strahlenbündel kann in allen möglichen Ausführungen erfolgen, z.B. analog oder gemäß der Varianten 1 bis 3, wie hierin beschrieben.

In Fig. 3 ist schematisch ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung in Transmissionsanordnung und mit einer Sensoreinheit gemäß Variante 1 dargestellt.

In Fig. 4 ist schematisch ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung in Reflexionsanordnung und mit einer Sensoreinheit gemäß Variante 1 dargestellt.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung zur Verfügung, worin die Strahlenbündel des Bestrahlungssystems mit dem Objekt in Transmissionsanordnung in Wechselwirkung treten; z.B. analog oder gemäß Fig. 3.

In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung zur Verfügung, worin die Strahlenbündel des Bestrahlungssystems mit dem Objekt in Reflexionsanordnung in Wechselwirkung treten; z.B. analog oder gemäß Fig. 4.

Aus den bestimmten Elementen, z.B. allen 16 Elementen, der Müllermatrix der zu identifizierenden Objekte und, z.B. durch Vergleich mit Werten, die man aus bekannten Objekten erhalten hat, kann die Beschaffenheit des Objektes, z.B. auf Basis seiner physikalischen Eigenschaften, z.B. Polarisations-eigenschaften, ermittelt werden.

Ein Verfahren gemäß vorliegender Erfindung kann daher zur Objektidentifizierung, z.B. zur Erkennung der Beschaffenheit eines Objektes, z.B. auf Basis seiner physikalischen Eigenschaften, z.B. auf Basis seiner Polarisations-eigenschaften, verwendet werden.

In einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Erfindung die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung zur Erkennung der Beschaffenheit eines Objektes, z.B. auf Basis seiner physikalischen Eigenschaften, z.B. auf Basis seiner Polarisations-eigenschaften, zur Verfügung.

Die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung wird hierin auch als „Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung“ bezeichnet.

Die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung kann zur Unterscheidung von Objekten, z.B. auf Basis ihrer unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften, z.B. auf Basis ihrer unterschiedlichen Polarisations-eigenschaften, verwendet werden.

In einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Erfindung die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung, zur Unterscheidung von Objekten, z.B. zur Erkennung der Beschaffenheit eines Objektes zur Unterscheidung von Objekten, z.B. auf Basis ihrer unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften, z.B. auf Basis ihrer unterschiedlichen Polarisations-eigenschaften, zur Verfügung;

z.B. die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung zur automatisierten Unterscheidung von Objekten,

z.B. die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung zur Identifikation von mehreren unterschiedlichen, sich nebeneinander oder/und nacheinander bewegenden Objekten.

Die Größe, Geschwindigkeit und Anzahl der Objekte, sowie die Breite des Sichtbereichs sind dabei beliebig und nur von der Auflösung der Messsensoren bestimmt.

In einer besonderen Ausführungsform schließt die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung die Sortierung unterschiedlicher Kunststoffe ein, z.B. die Sortierung von PET, PVC.

Die Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung schließt ein Verfahren zur, bevorzugt automatisierten, Sortierung von Objekten aus einer Abfallzusammensetzung ein.

In einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Messgerät zur simultanen Messung zur Bestimmung der gewünschten Elemente der Müllermatrix von Objekten, beispielsweise eines oder mehrerer Objekte, zur Verfügung, das dadurch gekennzeichnet ist, dass es ein Bestrahlungssystem, bestehend aus zwei bis vier, beispielsweise vier, Strahlenbündeln aus zwei bis vier, beispielsweise vier, Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, und Sensoren, die die Intensitäten der zwei bis vier, beispielsweise vier, Strahlenbündel nach Wechselwirkung mit einem Objekt simultan messen, enthält, und einen Rechner, der aus diesen Messungen, beispielsweise praktisch simultan, die gewünschten, z.B. alle 16, Elemente der Müllermatrix berechnet und zur Verfügung stellt, wobei das Messgerät gegebenenfalls gekoppelt ist mit einem, bevorzugt automatisierten, System, das in der Lage ist, die Aussortierung verschiedener Objekte mit bestimmten

Müllermatrizen von mehreren unterschiedlichen, sich nebeneinander oder/und nacheinander bewegendem Objekten an einen vorher bestimmten Ort vorzunehmen.

Ein Rechner, der aus diesen Messungen simultan Elemente, z.B. alle 16, der Müllermatrix berechnet und zur Verfügung stellt, ist beispielsweise ein Computer.

Ein Bestrahlungssystem und Sensoren schließen ein Bestrahlungssystem und Sensoren, wie oben beschrieben ein, beispielsweise ein Bestrahlungssystem gemäß Fig. 1 und Sensoren gemäß der Varianten 1 bis 3, beispielsweise wie in den Fig. 2 und 5 bis 7 gezeigt.

Das Messgerät kann z.B. ausgestattet sein mit einer Transmissionsanordnung oder mit einer Reflexionsanordnung, wie z.B. oben beschrieben, z.B. gemäß einer der Fig. 3 oder 4, wobei der Sensorteil einer der Ausführungen gemäß einer der Fig. 2, oder 5 bis 7 entsprechen kann.

Ein Messgerät gemäß vorliegender Erfindung kann zur Verwendung gemäß der Verwendung eines Verfahrens gemäß vorliegender Erfindung, z.B. wie oben beschrieben, eingesetzt werden.

### **Beschreibung der Abbildungen**

#### **Fig. 1**

zeigt ein Bestrahlungssystem, das aus 4 Strahlungsquellen mit jeweils verschiedenen Spektralbereichen (Strahlungsquellen S1 bis S4) besteht, in dem die 4 Strahlenbündel mit Hilfe von Polarisatoren P1 bis P4 jeweils polarisiert, und dann mit Hilfe von Beam-Combinern BC1, BC2 und BC3 zu einem Strahlenbündel STR vereinigt werden, das aus vier verschieden polarisierten Strahlenbündeln besteht.

#### **Fig. 2**

zeigt eine Sensoreinheit, die aus vier Sensoren SEN1 bis SEN4 besteht. Das in die Sensoreinheit eintretende, Strahlenbündel STR' wird mit Strahlenteilern STT1 bis STT3 in vier Strahlenbündel geteilt. Diese fallen getrennt auf die Sensoren ein. Vor jedem Sensor befindet sich eine Optik, die aus einem Analysator A1 bis A4 mit einer bestimmten Polarisations-einstellung und einer spektralen Aufspaltungsoptik sOP1 bis sOP4, unter Verwendung eines Transmissions- oder Reflektionsgitters, besteht. Mit Hilfe der Optiken

werden die Strahlenbündel in deren Spektren aufgespaltet und auf den Sensoren SEN1 bis SEN4 projiziert.

Fig. 3

zeigt eine Transmissionsmethode zur Bestimmung der kompletten Müllermatrix eines Objektes aus simultanen Messungen, bei der eine Bestrahlungseinheit „B“ gemäß Fig. 1 Verwendung findet (SP1 bis SP4 bedeuten jeweils Strahlenbündel mit Polarisationszuständen 1 bis 4). Das vereinigte Strahlenbündel, das aus vier verschiedenen polarisierten Strahlenbündeln besteht, wird darauf durch die zu untersuchende Probe („Objekt“) geleitet, worauf in einer Sensoreinheit „SE“ gemäß Fig. 2 die Änderung der Polarisation der 4 Strahlenbündel gemessen wird.

Fig. 4

zeigt eine Reflexionsmethode zur Bestimmung der kompletten Müllermatrix eines Objektes, aus simultanen Messungen, bei der eine Bestrahlungseinheit „B“ gemäß Abbildung 1 Verwendung findet, (SP1 bis SP4 bedeuten jeweils Strahlenbündel mit Polarisationszuständen 1 bis 4). Das vereinigte Strahlenbündel, das aus vier verschiedenen polarisierten Strahlenbündeln besteht, wird darauf auf die zu untersuchende Probe („Objekt“) gerichtet, worauf in einer Sensoreinheit „SE“ gemäß Fig. 2 die Änderung der Polarisation der 4 Strahlenbündel gemessen wird.

Fig. 5

zeigt eine Sensoreinheit, die aus vier Sensoren SEN1 bis SEN4 besteht. Das in die Sensoreinheit eintretende Strahlenbündel STR' wird mit Strahlenteilern STT1 bis STT3 in vier Strahlenbündel geteilt. Diese fallen getrennt auf die Sensoren ein. Vor jedem Sensor befindet sich eine Optik, die aus einem Analysator A1 bis A4 mit einer bestimmten Polarisations-einstellung besteht. Jeder Sensor besteht aus Kombipixels, die aus vier kleineren Pixels bestehen. In diesem Fall besteht jeder Kombipixel aus 4 kleineren Pixels, die mit vier unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind. Die Farbfilter können verschieden angeordnet sein. Eine der möglichen Anordnungen ist in Fig. 5 dargestellt.

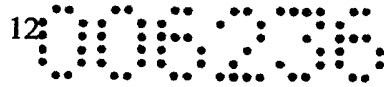


Fig. 6

zeigt eine Sensoreinheit, die aus vier Sensoren SEN1 bis SEN4 besteht. Das, in die Sensoreinheit eintretende, Strahlenbündel STR' wird mit Strahlenteilern STT1 bis STT3 in vier Strahlenbündel geteilt. Diese fallen getrennt auf die Sensoren ein. Vor jedem Sensor befindet sich ein Farbfilter (FF1 bis FF4). Jeder Sensor besteht aus Kombipixels, die aus vier kleineren, mit Polarisationsfiltern beschichteten, Pixels bestehen. Die Polarisationsfilter können verschieden angeordnet sei. Eine der möglichen Anordnungen ist in Fig. 6 dargestellt.

Fig. 7

zeigt eine Sensoreinheit, in der die vier, vom Objekt kommende Strahlenbündel mit Hilfe einer spektralen Aufspaltungsoptik in deren Spektren aufgespaltet und auf einen Flächensensor mit Kombipixel, der mit Polarisationsfiltern beschichtet ist, projiziert werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung aller erwünschten Elemente der Müllermatrix, insbesondere aller 16 Elemente der Müllermatrix, eines Objektes durch simultane Messungen, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus zwei bis vier Strahlenbündeln, insbesondere vier Strahlenbündel, aus zwei bis vier Strahlungsquellen, insbesondere vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung treten und die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel, insbesondere vier Strahlenbündel, nach Wechselwirkung simultan gemessen und aus diesen Messungen die erwünschten Elemente, insbesondere alle 16 Elemente, der Müllermatrix berechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1 zur Bestimmung aller 16 Elemente der Müllermatrix, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus vier Strahlenbündeln aus vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung treten und die Intensitäten der vier Strahlenbündel nach Wechselwirkung simultan gemessen und aus diesen Messungen alle 16 Elemente der Müllermatrix berechnet werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, worin die Strahlenbündel vor der Wechselwirkung mit dem Objekt verschieden polarisiert und zu einem Strahlenbündel vereint werden, womit das zu untersuchende Objekt bestrahlt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin die Intensitäten der zwei bis vier, Strahlenbündel mit Hilfe einer Sensoreinheit gemessen werden, die aus einem bis vier Sensoren besteht, wobei sich vor jedem Sensor eine Optik befindet, die aus einem Analysator mit einer bestimmten Polarisations-einstellung und einer spektralen Aufspaltungsoptik besteht, insbesondere unter Verwendung eines Transmissions- oder Reflexionsgitters.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel mit Hilfe einer Sensoreinheit mit Kombipixel gemessen werden,

- wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus zwei bis vier kleineren Pixels besteht, die mit unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind;  
wobei insbesondere die Intensitäten der vier Strahlenbündeln mit Hilfe einer Sensoreinheit mit Kombipixel gemessen werden, wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus vier kleineren Pixels besteht, die mit vier unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind; oder
  - wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus ein bis vier kleineren Pixels, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, besteht und wobei jeder der zwei bis vier Sensoren mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird;  
wobei insbesondere jeder Kombipixel der Sensoren, insbesondere vier Sensoren, aus vier kleineren Pixels besteht, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, und wobei jeder Sensor, insbesondere jeder der vier Sensoren, mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin die zwei bis vier, insbesondere vier, vom Objekt kommenden Strahlenbündel mit Hilfe einer spektralen Aufspaltungsoptik in deren Spektren aufgespaltet und auf einen Flächensensor mit Kombipixel, der mit Polarisationsfiltern beschichtet ist, insbesondere ein bis vier, insbesondere vier Polarisationsfiltern, projiziert werden.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin die Strahlenbündel des Bestrahlungssystems mit dem Objekt in Transmissionsanordnung in Wechselwirkung treten.
  8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin die Strahlenbündel des Bestrahlungssystems mit dem Objekt in Reflexionsanordnung in Wechselwirkung treten.
  9. Verwendung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, zur Erkennung der Beschaffenheit eines Objektes.
  10. Verwendung nach Anspruch 9, zur Unterscheidung von Objekten.

11. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, zur automatisierten Unterscheidung von Objekten.
12. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 zur Identifikation von mehreren unterschiedlichen, sich nebeneinander oder/und nacheinander bewegenden Objekten.
13. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 12 zur, insbesondere automatisierten, Sortierung von Objekten aus einer Abfallzusammensetzung.
14. Messgerät zur simultanen Messung zur Bestimmung der gewünschten Elemente der Müllermatrix von Objekten, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Bestrahlungssystem, bestehend aus zwei bis vier, insbesondere vier, Strahlenbündeln aus zwei bis vier, insbesondere vier, Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, und Sensoren, die die Intensitäten der zwei bis vier, insbesondere vier, Strahlenbündel, nach Wechselwirkung mit einem Objekt simultan messen, enthält, und einen Rechner, der aus diesen Messungen die gewünschten, insbesondere alle 16, Elemente der Müllermatrix berechnet und zur Verfügung stellt.
15. Messgerät nach Anspruch 14, das gekoppelt ist mit einem, insbesondere automatisierten, System, das in der Lage ist die Aussortierung verschiedener Objekte mit bestimmten Müllermatrizen von mehreren unterschiedlichen, sich nebeneinander oder/und nacheinander bewegenden Objekten, an einen vorher bestimmten Ort vorzunehmen.
16. Verwendung eines Messgerätes nach einem der Ansprüche 14 oder 15 gemäß einem der Ansprüche 9 bis 13.

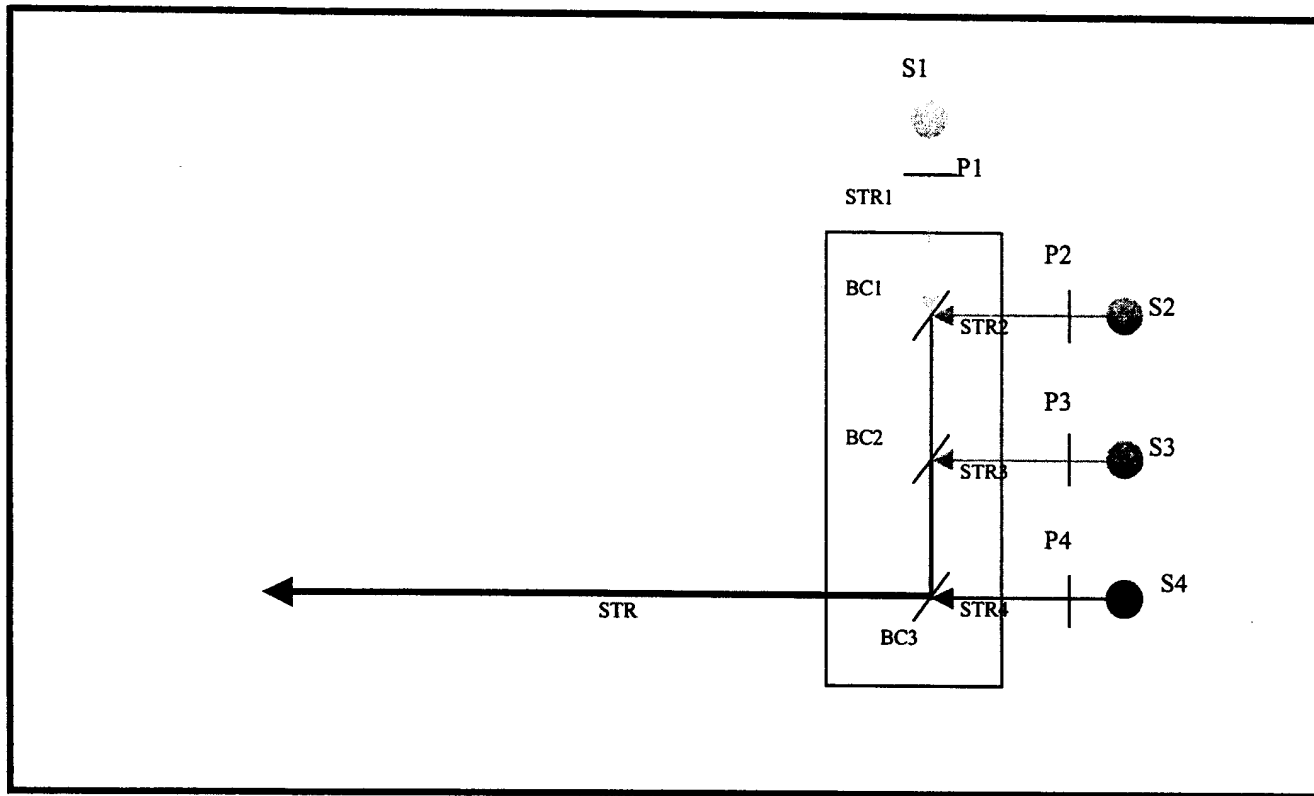


Fig. 1

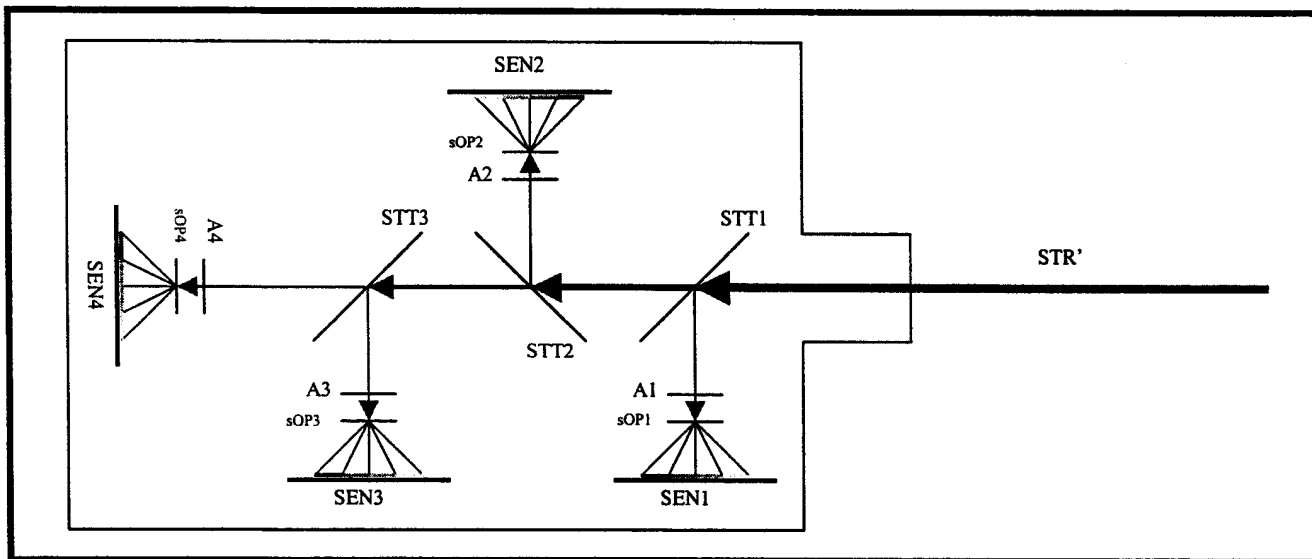


Fig. 2

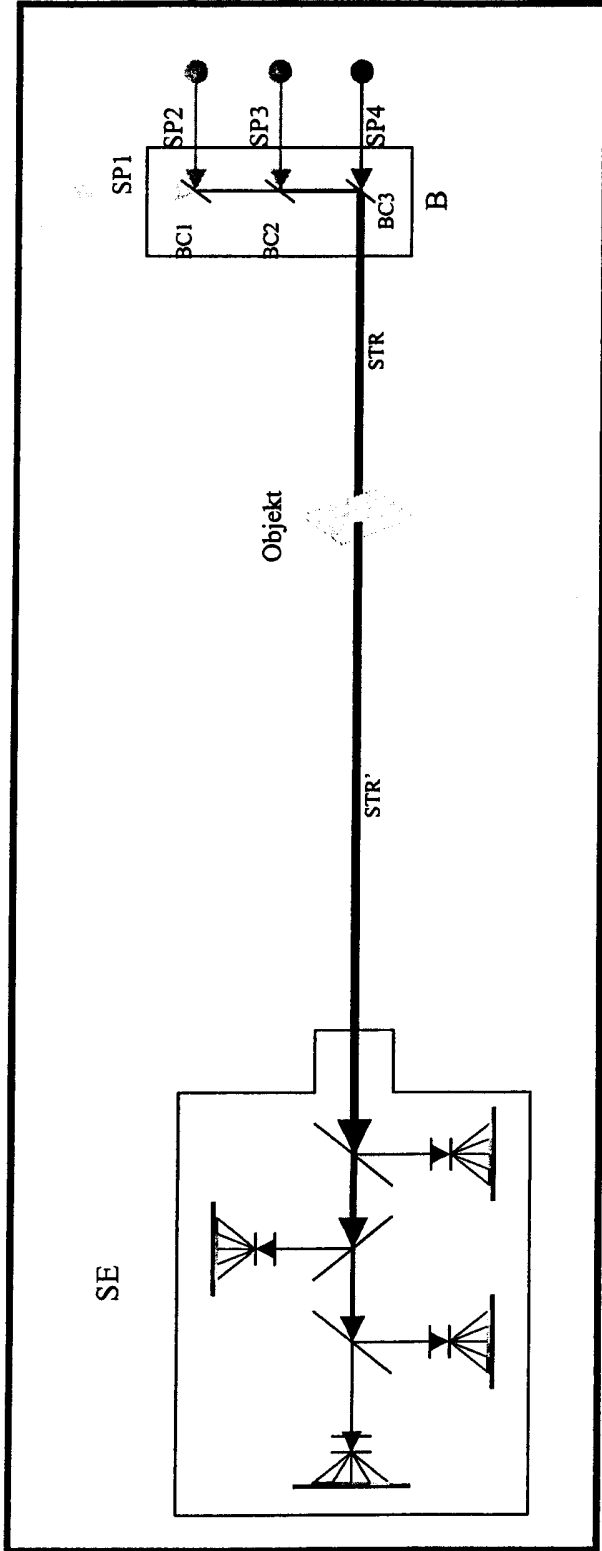


Fig. 3

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

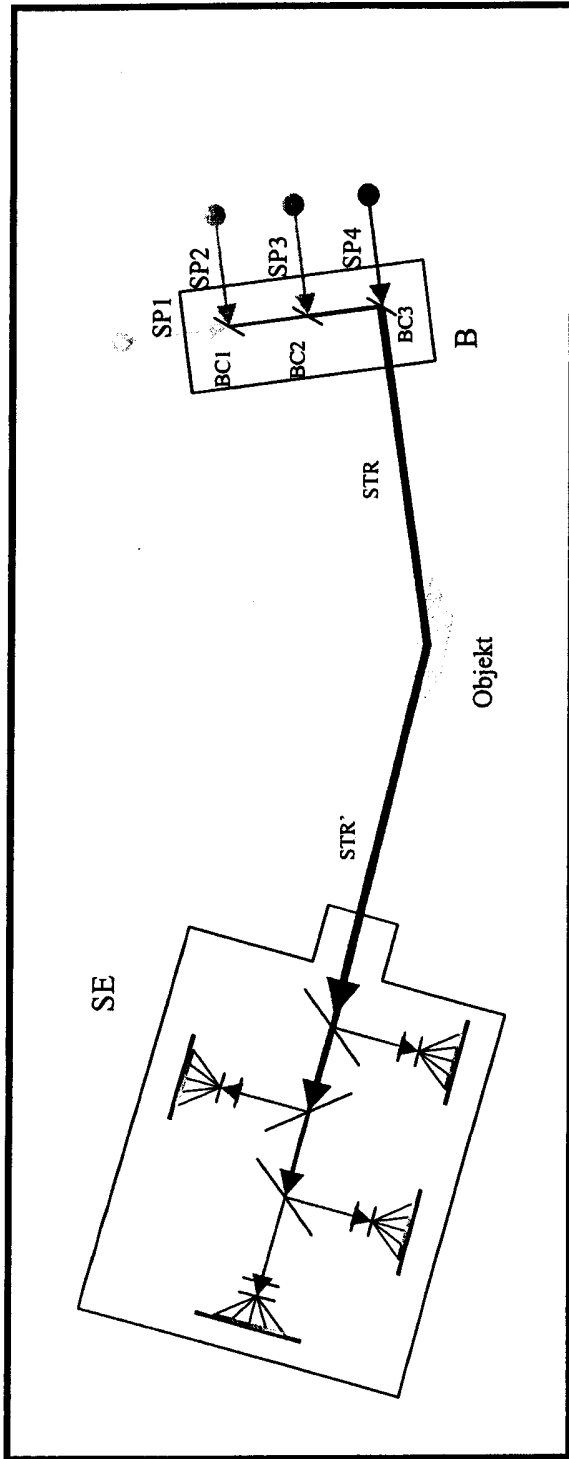


Fig. 4

Система автоматического управления объектом

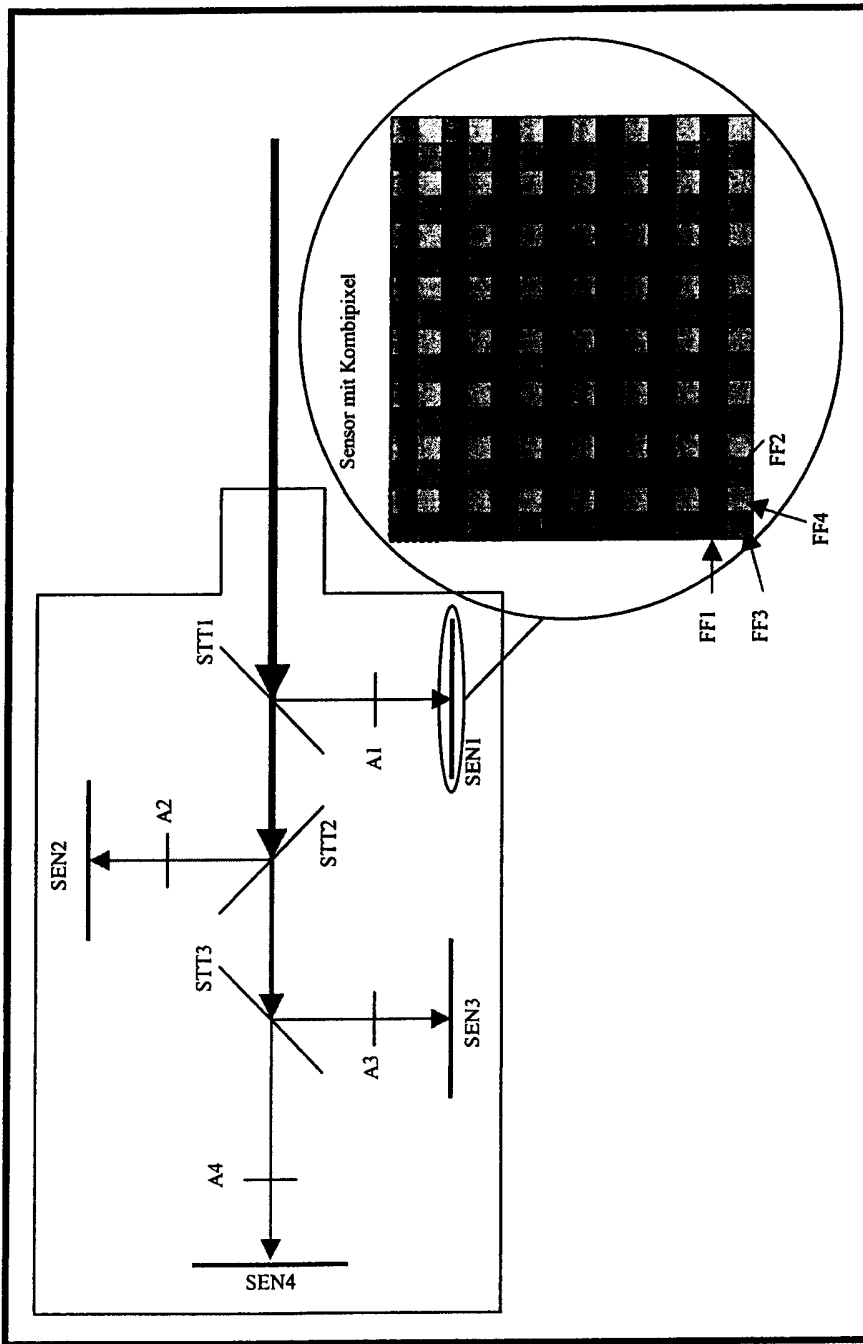


Fig. 5

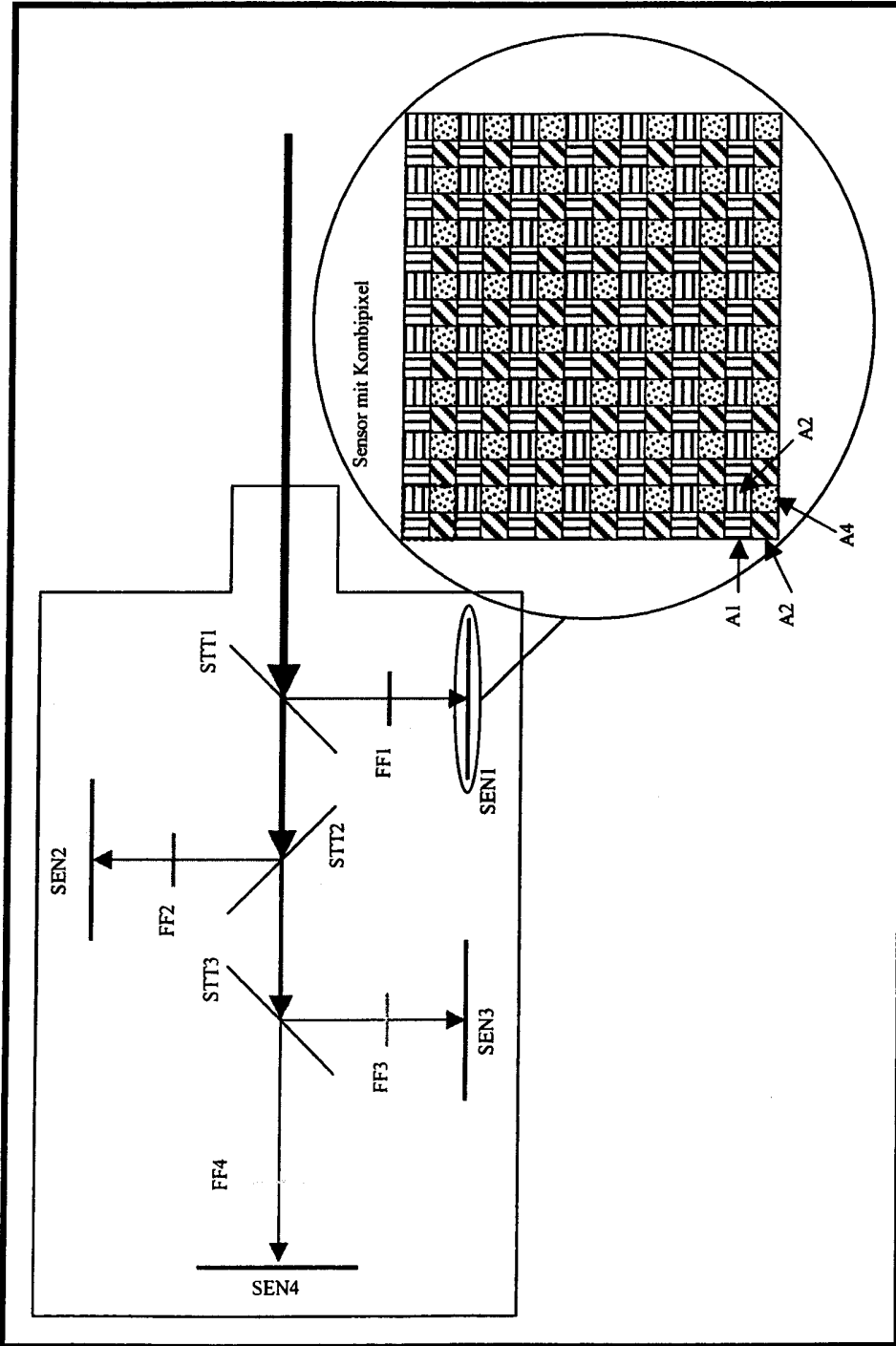


Fig. 6

7/7

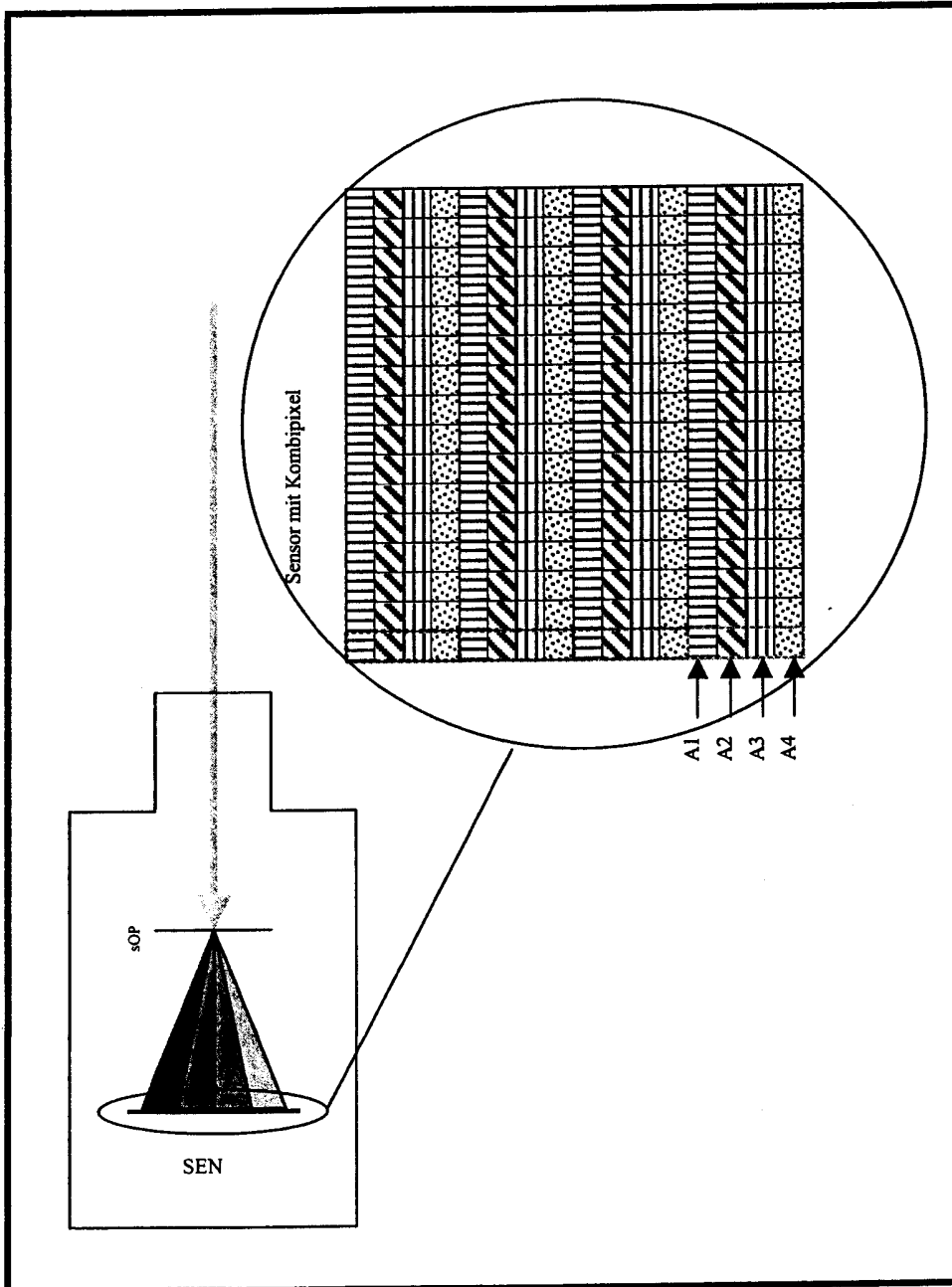


Fig. 7

7

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung aller erwünschten Elemente der Müllermatrix, insbesondere aller 16 Elemente der Müllermatrix, eines Objektes durch simultane Messungen, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus zwei bis vier Strahlenbündeln, insbesondere vier Strahlenbündel, aus zwei bis vier Strahlungsquellen, insbesondere vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung treten und die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel, insbesondere vier Strahlenbündel, nach Wechselwirkung simultan gemessen und aus diesen Messungen die erwünschten Elemente, insbesondere alle 16 Elemente, der Müllermatrix berechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1 zur Bestimmung aller 16 Elemente der Müllermatrix, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlenbündel eines Bestrahlungssystems, bestehend aus vier Strahlenbündeln aus vier Strahlungsquellen, die verschiedene Polarisationszustände besitzen, mit dem Objekt in Wechselwirkung treten und die Intensitäten der vier Strahlenbündel nach Wechselwirkung simultan gemessen und aus diesen Messungen alle 16 Elemente der Müllermatrix berechnet werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlenbündel vor der Wechselwirkung mit dem Objekt verschieden polarisiert und zu einem Strahlenbündel vereint werden, womit das zu untersuchende Objekt bestrahlt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensitäten der zwei bis vier, Strahlenbündel mit Hilfe einer Sensoreinheit gemessen werden, die aus einem bis vier Sensoren besteht, wobei sich vor jedem Sensor eine Optik befindet, die aus einem Analysator mit einer bestimmten Polarisations-einstellung und einer spektralen Aufspaltungsoptik besteht, insbesondere unter Verwendung eines Transmissions- oder Reflexionsgitters.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensitäten der zwei bis vier Strahlenbündel mit Hilfe einer Sensoreinheit mit Kombipixeln gemessen werden,

**NACHGEREICHT**

- wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus zwei bis vier kleineren Pixels besteht, die mit unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind;  
wobei insbesondere die Intensitäten der vier Strahlenbündeln mit Hilfe einer Sensoreinheit mit Kombipixel gemessen werden, wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus vier kleineren Pixels besteht, die mit vier unterschiedlichen Farbfiltern beschichtet sind; oder
  - wobei jeder Kombipixel der Sensoren aus ein bis vier kleineren Pixels, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, besteht und wobei jeder der zwei bis vier Sensoren mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird;  
wobei insbesondere jeder Kombipixel der Sensoren, insbesondere vier Sensoren, aus vier kleineren Pixels besteht, die mit verschiedenen Polarisationsfiltern beschichtet sind, und wobei jeder Sensor, insbesondere jeder der vier Sensoren, mit einem zugeordneten Spektrum bestrahlt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin die zwei bis vier, insbesondere vier, vom Objekt kommenden Strahlenbündel mit Hilfe einer spektralen Aufspaltungsoptik in deren Spektren aufgespaltet und auf einen Flächensensor mit Kombipixel, der mit Polarisationsfiltern beschichtet ist, insbesondere ein bis vier, insbesondere vier Polarisationsfiltern, projiziert werden.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin die Strahlenbündel des Bestrahlungssystems mit dem Objekt in Transmissionsanordnung in Wechselwirkung treten.
  8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin die Strahlenbündel des Bestrahlungssystems mit dem Objekt in Reflexionsanordnung in Wechselwirkung treten.
  9. Messgerät zur simultanen Messung zur Bestimmung der gewünschten Elemente der Müllermatrix von Objekten, dadurch gekennzeichnet, dass es umfasst
    - a) ein Bestrahlungssystem, mit zwei bis vier, vorzugsweise vier Strahlungsquellen (S1 bis S4), die ausgebildet sind, zwei bis vier, vorzugsweise vier Strahlenbündel, auszusenden, mit denen ein Objekt bestrahlbar ist, wobei die Strahlenbündel jeweils polarisierbar sind und verschiedene Polarisationszustände besitzen,

- b) Sensoren (SEN1 bis SEN 4), mit denen die Intensitäten der zwei bis vier, vorzugsweise vier, Strahlenbündel, nach Bestrahlung und daraus resultierender Wechselwirkung mit einem Objekt simultan messbar sind, und
  - c) einen Rechner, der aus diesen Messungen die gewünschten, insbesondere alle 16, Elemente der Müllermatrix berechnet und zur Verfügung stellt.
10. Messgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass es gekoppelt ist mit einem, vorzugsweise automatisierten, System, mit dem die Unterscheidung und Aussortierung verschiedener Objekte anhand ihrer Müllermatrizen aus mehreren unterschiedlichen, sich nebeneinander oder/und nacheinander bewegenden Objekten, an einen vorher bestimmten Ort vornehmbar ist.

**NACHGEREICHT**