

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
22. Januar 2015 (22.01.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/007804 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 11/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/065316

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juli 2014 (16.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 107 678.5 18. Juli 2013 (18.07.2013) DE

(71) Anmelder: **TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DARMSTADT** [DE/DE]; Karolinenplatz 5, 64289
Darmstadt (DE).

(72) Erfinder: **DÖRSAM, Edgar**; Osterstraße 86, 63179
Obertshausen (DE). **BORNEMANN, Nils**; Bismarckstraße
40, 35390 Gießen (DE). **URBAN, Philipp**; Karlsbader
Straße 9, 64342 Seeheim-Jugenheim (DE). **SAUER, Hans
Martin**; Heidelberger Landstraße 354, 64297 Darmstadt
(DE). **NEUROTH, Peter**; Peterstorstraße 21, 56410
Montabaur (DE). **TONE, Robert**; Brechtelstraße 8-10,
69126 Heidelberg (DE). **DAUME, Dominik**; Bergheimer
Straße 134a, 69115 Heidelberg (DE). **THIEME, Robert**;
Barkhausstraße 26, 64289 Darmstadt (DE).

(74) Anwalt: **KATSCHER HABERMANN
PATENTANWÄLTE**; Dolivostraße 15 A, 64293
Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ASCERTAINING A LAYER THICKNESS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINER SCHICHTDICKE

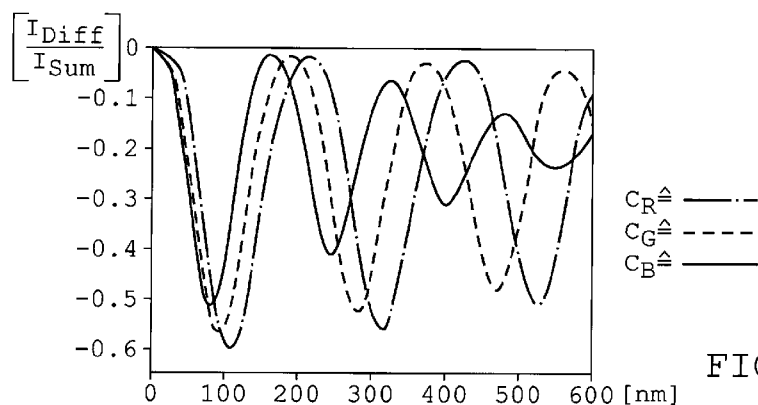


FIG 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for ascertaining the thickness of a thin layer (6) applied face to face on a substrate (7), wherein the layer (6) is illuminated, the light reflected from boundary surfaces (9, 10) of the layer (6) is measured, and the measured values of the reflected light are used to ascertain the layer thickness. A truly flat image of the reflected light is captured using an optical image detecting device, and an intensity value of the reflected light, said value being integrated over a wavelength range, is compared with a theoretically ascertained intensity reference value in order to ascertain the thickness of the layer (6). A measured contrast value is ascertained as the difference of the measured intensity value minus a measured intensity reference value and compared with a theoretically ascertained contrast reference value which is likewise ascertained as the difference of the theoretically ascertained intensity reference value minus a theoretically ascertained reference value. Multiple intensity values integrated over different wavelength ranges can be ascertained and compared with respective assigned theoretically calculated intensity reference values. A respective layer thickness is determined for multiple spatially distanced regions of the layer (6).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/007804 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Bei einem Verfahren zur Ermittlung einer Schichtdicke einer flächig auf einem Substrat (7) aufgetragenen dünnen Schicht (6), wobei die Schicht (6) beleuchtet wird, das von Grenzflächen (9, 10) der Schicht (6) reflektierte Licht gemessen und anhand der Messwerte des reflektierten Lichts die Schichtdicke ermittelt wird, wird mit einer optischen Bilderfassungseinrichtung eine flächengetreue Abbildung des reflektierten Lichts aufgenommen und ein über einen Wellenlängenbereich integrierter Intensitätswert des reflektierten Lichts mit einem theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert verglichen, um die Schichtdicke der Schicht (6) zu ermitteln. Ein gemessener Kontrastwert wird als Differenz des gemessenen Intensitätswertes abzüglich eines gemessenen Intensitätsreferenzwertes ermittelt und mit einem theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwert verglichen, der ebenfalls als Differenz des theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwertes abzüglich eines theoretisch ermittelten Referenzwertes ermittelt wird. Mehrere jeweils über verschiedene Wellenlängenbereiche integrierte Intensitätswerte können ermittelt und mit jeweils zugeordneten theoretisch berechneten Intensitätsreferenzwerten verglichen werden. Für mehrere räumlich beabstandete Bereiche der Schicht (6) wird die jeweilige Schichtdicke bestimmt.

- 1 -

Verfahren zur Ermittlung einer Schichtdicke

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Schichtdicke einer flächig auf ein Substrat aufgetragenen dünnen Schicht durch Messung von optischen

10 Dünnschichtinterferenzen, wobei die Schicht beleuchtet wird, das von Grenzflächen der Schicht reflektierte Licht gemessen und anhand der Messwerte des reflektierten Lichtes die Schichtdicke ermittelt wird.

15 Es sind verschiedene im Labor erprobte sowie industriell nutzbare Verfahren zum Auftragen einer dünnen Schicht aus einem vorgegebenen Schichtmaterial auf einem Substrat bekannt, das seinerseits aus einem nahezu beliebigen Material bestehen kann. Bereits seit vielen Jahren können
20 dünne Schichten beispielsweise durch Bedampfen oder Galvanisieren hergestellt werden. Das Auftragen dünner funktionaler Schichten mittels geeigneter Druckverfahren ist Gegenstand der aktuellen Forschung.

25 In der industriellen Herstellung dünner Schichten oder Beschichtungen ist es oftmals notwendig, die Dicke der mit einem geeigneten Fertigungsverfahren hergestellten Schicht möglichst präzise zu messen.

30 Die aus der Praxis bekannten Verfahren zur Ermittlung einer Schichtdicke, wie beispielsweise die Schichtdickenbestimmung mit einem Elektronenmikroskop oder mit Hilfe von

- 2 -

- hoch energetischen Strahlen erfordern oftmals eine vorausgehende Präparation der Messproben und benötigen üblicherweise eine lange Messdauer. Optische Messverfahren, wie beispielsweise die Ellipsometrie oder Interferenz-
- 5 messungen, ermöglichen eine zerstörungsfreie Messung der Schichtdicke einer dünnen Schicht, benötigen jedoch oftmals lange Messdauern sowie komplexe und kostspielige Messvorrichtungen.
- 10 In vielen Anwendungsbereichen und insbesondere bei der Herstellung dünner Schichten wäre es wünschenswert, wenn die Schichtdicke der zu messenden dünnen Schicht für einen großen Flächenbereich in einer möglichst kurzen Zeit ermittelt werden kann. Erst mit geeigneten Verfahren zur
- 15 Ermittlung der Schichtdicke können die im Labor oder in der Praxis erprobten Herstellungsverfahren für dünne Schichten in einem industriellen Maßstab und mit einer ausreichenden Genauigkeit durchgeführt werden.
- 20 Es wird deshalb als eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung angesehen, ein Verfahren zur Ermittlung einer Schichtdicke durch Messung von optischen Dünnschichtinterferenzen so auszugestalten, dass in möglichst kurzer Zeit die Schichtdicke in einem möglichst großen Flächenbereich einer
- 25 Schicht ermittelt werden kann.

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass mit einer optischen Bilderfassungseinrichtung eine flächengetreue Abbildung des an zwei gegenüberliegenden
- 30 Grenzflächen der dünnen Schicht reflektierten Lichts aufgenommen wird, und dass ein über einen Wellenlängenbereich integrierter Intensitätswert des reflektierten

- 3 -

Lichts mit einem theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert verglichen wird, um die Schichtdicke der zu messenden Schicht zu ermitteln. Es hat sich gezeigt, dass sich die Intensität des an zwei gegenüberliegenden

5 Grenzflächen der dünnen Schicht reflektierten Lichts ausgehend von einem Ausgangswert mit zunehmender Schichtdicke zunächst nur geringfügig ändert und durch einen Vergleich eines gemessenen Intensitätswerts mit einem theoretisch berechneten Intensitätsreferenzwert die

10 gemessene Schichtdicke vergleichsweise präzise ermitteln lässt.

Der theoretisch ermittelte Intensitätsreferenzwert kann mit zunehmender Schichtdicke stark schwanken und mehrdeutig

15 werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist deshalb für geringe Schichtdicken besonders gut geeignet. Weiterhin sollte die zu messende dünne Schicht transluzent, bzw. semi-transparent sein, um eine ausreichende Reflexion des einfallenden Lichts an den beiden gegenüberliegenden

20 Grenzflächen und insbesondere an der der Lichtquelle abgewandten Grenzfläche der dünnen Schicht zu ermöglichen, damit Interferenzen zwischen dem an beiden Grenzflächen reflektierten Licht auftreten und Intensitätswerte des reflektierten Lichts zuverlässig gemessen werden können.

25 Um den als Vergleichswert herangezogenen Intensitätsreferenzwert theoretisch berechnen zu können sind zweckmäßigerweise die hierfür erforderlichen Eigenschaften und Parameter des Schichtaufbaus mit der zu

30 bestimmenden dünnen Schicht bekannt oder durch vorausgehende Messungen ermittelt worden. Die als bekannt vorausgesetzten und für die Berechnung des theoretischen

- 4 -

- Intensitätsreferenzwertes verwendeten Eigenschaften und Parameter umfassen beispielsweise die relevanten Brechungsindizes in dem Wellenlängenbereich der zur Beleuchtung verwendeten Lichtquelle, und die spektralen Übertragungsfunktionen des Messsystems, mit denen die Lichtquelle, der optische Weg der an verschiedenen Grenzflächen reflektierten Intensitäten sowie Filter oder andere optische Komponenten berücksichtigt werden.
- 10 Der gemessene Intensitätswert kann dabei über einen Wellenlängenbereich integriert werden, so dass bereits eine sehr kurze Belichtungszeit ausreicht, um mit einer handelsüblichen optischen Bilderfassungseinrichtung eine für die nachfolgende Auswertung und Schichtdickenbestimmung
- 15 ausreichende flächengetreue Abbildung der dünnen Schicht aufzunehmen. Eine spektrale, bzw. wellenlängenabhängige Erfassung des reflektierten Lichts ist nicht notwendig, so dass auf spektrale Messgeräte oder Spektralzerlegungen des reflektierten Lichts verzichtet werden kann. Es ist
- 20 ebenfalls nicht notwendig, eine Lichtquelle mit monochromatischem oder kohärentem Licht zu verwenden, wodurch die apparativen Anforderungen erheblich gesenkt und Kosten reduziert werden können.
- 25 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann innerhalb kurzer Zeit von vergleichsweise großen Flächen eines Substrats die Schichtdicke einer flächig aufgetragenen Schicht ermittelt werden. Das Verfahren kann dazu verwendet werden, im Rahmen eines Herstellungsprozesses kontinuierlich die Schichtdicke
- 30 einer flächig aufgetragenen Schicht orts aufgelöst zu ermitteln, um die Beschichtungsprozesse während des Auftragens der Schicht zu kontrollieren. Damit ist es unter

- 5 -

anderem möglich, das bislang lediglich unter experimentellen Laborbedingungen mögliche Aufdrucken dünner Schichten auf ein Substrat industriell nutzbar und wirtschaftlich durchführbar werden zu lassen.

5

Einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens zufolge ist vorgesehen, dass der gemessene Intensitätswert mit einem Beleuchtungsintensitätswert normiert und mit einem theoretisch
10 ermittelten normierten Intensitätsreferenzwert verglichen wird. Der Beleuchtungsintensitätswert kann vor jeder Messung oder für einen vorgegebenen und im Nachhinein nicht mehr veränderbaren Aufbau einer Messapparatur ermittelt und abgespeichert werden. Es ist ebenfalls denkbar, dass vor
15 oder im Verlauf jeder Messung eines integrierten Intensitätswertes ein Beleuchtungsintensitätswert gemessen und abgespeichert wird. Durch die Normierung des gemessenen Intensitätswert mit dem Beleuchtungsintensitätswert wird erreicht, dass die tatsächliche Beleuchtung sowie
20 Eigenschaften der für die Messung verwendeten Leuchtquelle und der Umgebungsbedingungen für die Ermittlung der Schichtdicke keine oder jedenfalls nur eine nachrangige Bedeutung haben können. Der für die Normierung verwendete Beleuchtungsintensitätswert kann ebenfalls über einen
25 Wellenlängenbereich integriert sein. Die experimentelle Ermittlung des Beleuchtungsintensitätswerts, der für die Normierung verwendet wird, muss bei der rechnerischen Ermittlung des normierten Intensitätsreferenzwertes berücksichtigt werden, der für die Normierung des
30 theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwertes verwendet wird.

- 6 -

In besonders vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass ein gemessener Kontrastwert als Differenz des gemessenen Intensitätswertes abzüglich eines gemessenen Intensitätsreferenzwertes ermittelt und mit einem

5 theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwert verglichen wird, der ebenfalls als Differenz des theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwertes abzüglich eines theoretisch ermittelten Referenzwertes ermittelt wird. Der Intensitätsreferenzwert kann beispielsweise zeitgleich an

10 einer räumlich benachbart angeordneten dünnen Schicht mit einer bekannten Schichtdicke gemessen werden. Die Kontrastwerte werden zweckmäßigerweise auf die gemessenen Intensitäten normiert, bzw. bezogen, indem beispielsweise der Quotient aus der Differenz des gemessenen

15 Intensitätswertes und des gemessenen Intensitätsreferenzwertes einerseits und der Summe des gemessenen Intensitätswertes und Intensitätsreferenzwertes andererseits berechnet wird. Durch eine derartig normierte Kontrastbildung können beispielsweise zeitabhängige

20 Intensitätsschwankungen der verwendeten Lichtquelle oder der Umgebungsbedingungen reduziert bzw. vollständig eliminiert werden.

Um die Genauigkeit des Verfahrens, bzw. der mit dem

25 Verfahren ermittelten Schichtdicke zu verbessern, ist vorgesehen, dass in einem weiteren Verfahrensschritt eine bekannte oder vorgegebene Schichtdicke einer Referenzschicht gemessen wird, um anschließend die unbekannte Schichtdicke zu ermitteln. Die bekannte oder

30 vorgegebene Schichtdicke kann dazu verwendet werden, eine Übereinstimmung zwischen dem theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert und dem über einen

- 7 -

Wellenlängenbereich integrierten Intensitätswert vorzugeben, bzw. zu bestätigen. Mit einer zunehmend von der bekannten Schichtdicke abweichenden unbekannten Schichtdicke kann sich der gemessene Intensitätswert ebenso wie der theoretisch ermittelte Intensitätsreferenzwert deutlich von dem Ausgangswert unterscheiden. In einem Bereich um die bekannte, bzw. vorgegebene Schichtdicke herum ist die Abweichung des gemessenen Intensitätswertes zunächst linear und im Anschluss daran zunehmend nicht linear, jedoch noch eineindeutig. Erst bei großen Abweichungen der unbekannten Schichtdicke von der bekannten Schichtdicke können Mehrdeutigkeiten bei dem gemessenen Intensitätswert, bzw. bei dem theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert auftreten, die eine zuverlässige Bestimmung der Schichtdicke erschweren oder unmöglich werden lassen.

Die bekannte Schichtdicke der Referenzschicht kann beispielsweise räumlich beabstandet zu der unbekannten Schichtdicke ermittelt werden. Es ist ebenfalls möglich, dass während der Herstellung eines mehrschichtigen Aufbaus die jeweils vorangehend ermittelte Schichtdicke der jeweils zuletzt hergestellten Schicht als Referenzschicht und Ausgangswert für die im Anschluss daran zu ermittelnde Schichtdicke einer neu aufgetragenen Schicht zu verwenden, die auf der dann bereits fertiggestellten Schicht aufgebracht wird.

Zweckmäßigerweise ist vorgesehen, dass die vorgegebene oder vorangehend ermittelte Schichtdicke der Referenzschicht einen Referenz-Nullwert darstellt. Die vorgegebene Schichtdicke kann beispielsweise ein Bereich des Substrats

- 8 -

- sein, der nicht von der dünnen Schicht bedeckt wird, deren Schichtdicke gemessen werden soll. Es ist ebenfalls möglich, bei komplexen Schichtfolgen oder unbekannten Beschichtungen eines ebenfalls nicht näher bekannten
- 5 Substrats punktuell oder an ausgewählten Positionen mit anderen Verfahren den Schichtaufbau und die jeweiligen Schichtdicken zu ermitteln, die dann als bekannt, bzw. als vorgegeben vorausgesetzt werden. Im Anschluss daran können beispielsweise eine räumliche Variation der zu messenden
- 10 Schichtdicke um die bekannte Schichtdicke herum oder der während eines Herstellungsprozesses erfolgende Auftrag einer dünnen Schicht mit dem vorangehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt werden.
- 15 Die Bestimmung der Schichtdicke kann deutlich verbessert und der Schichtdickenbereich, in dem eine zuverlässige Bestimmung der Schichtdicke möglich ist, kann deutlich erweitert werden, indem mehrere, jeweils über verschiedene Wellenlängenbereiche integrierte Intensitätswerte ermittelt
- 20 und mit jeweils zugeordneten theoretisch berechneten Intensitätsreferenzwerten verglichen werden.

- Zu diesem Zweck kann vorgesehen sein, dass die Schicht mit Licht einer Beleuchtungsquelle beleuchtet wird, die
- 25 gleichzeitig Licht mit Wellenlängen aus den verschiedenen Wellenlängenbereichen abstrahlt. Die Unterteilung der für die Auswertung verwendeten Wellenlängenbereiche findet dann im Bereich der optischen Bilderfassungseinrichtung statt. Es können handelsübliche optoelektronische Sensoren
- 30 eingesetzt werden, die beispielsweise auch bei Fotokameras oder Videokameras verwendet werden, und farbige Bildinformationen getrennt nach roten, blauen und grünen

- 9 -

- Wellenlängenbereichen erfassen. Für jeden dieser Wellenlängenbereiche kann ein Intensitätswert gemessen und ein zugeordneter Intensitätsreferenzwert theoretisch berechnet werden. In Abhängigkeit von der Schichtdicke
- 5 verändern sich die jeweiligen Intensitätswerte und ergeben bei zunehmender Schichtdicke eine räumliche Kurve in einem von den drei Wellenlängenbereichen rot, grün und blau erzeugten dreidimensionalen Koordinatensystem.
- 10 In einer Umgebung um eine bekannte Schichtdicke kann anhand der gemessenen drei Intensitätswerte für den roten, den grünen und den blauen Wellenlängenbereich der kleinste Abstand zu dem theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert bestimmt werden.
- 15 Da die gemessenen Intensitäten für einen beispielsweise roten Wellenlängenbereich eine deutlich abweichende Abhängigkeit von der Schichtdicke als die gemessenen Intensitäten eines beispielsweise blauen
- 20 Wellenlängenbereichs aufweisen, kann durch einen Vergleich der für eine zu ermittelnde Schichtdicke gemessenen Intensitäten verschiedener Wellenlängenbereiche eine deutlich genauere Aussage getroffen werden. Zudem wird durch eine Messung der Intensitäten in verschiedenen
- 25 Wellenlängenbereichen der maximale Bereich der eindeutig ermittelbaren Schichtdicke erheblich vergrößert, bevor für alle Wellenlängenbereiche gleichzeitig Mehrdeutigkeiten bei dem Vergleich zwischen den theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerten und den tatsächlich gemessenen
- 30 Intensitätswerten auftreten.

- 10 -

Es können auch lediglich zwei oder deutlich mehr als drei Wellenlängenbereiche vorgegeben und für die Bestimmung der Schichtdicke verwendet werden.

- 5 In vielen Fällen kann für die Ermittlung der Schichtdicke ein Abstand zwischen der mindestens einen gemessenen Intensität und dem mindestens einen für verschiedene Schichtdickenwerte theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert bestimmt werden. Derjenige
- 10 Schichtdickenwert, für welchen der theoretisch ermittelte Intensitätsreferenzwert den geringsten Abstand zu dem gemessenen Intensitätswert aufweist, entspricht der mit diesem Verfahren ermittelten Schichtdicke. Falls mehrere Intensitätswerte für verschiedene Wellenlängenbereiche
- 15 gemessen werden, können die gemessenen Intensitätswerte wie auch die theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerte zu n-Tupeln bzw. Vektoren in einem mehrdimensionalen Raum zusammengefasst und eine geeignete Berechnungsroutine zur Abstandsbestimmung, beispielsweise eine Bestimmung des
- 20 euklidischen Abstands, durchgeführt werden.
- Es ist grundsätzlich möglich, dass das von der Beleuchtungsquelle abgestrahlte Licht durch eine Filtereinrichtung geführt wird, sodass die Schicht nur mit Licht aus einem Wellenlängenbereich beleuchtet wird. In
- 25 diesem Fall kann die optische Bilderfassungseinrichtung das gesamte reflektierte Licht erfassen, da der Wellenlängenbereich auf der Beleuchtungsseite vorgegeben wird. Die Filtereinrichtung kann beispielsweise ein Kantenfilter oder ein Interferenzfilter sein.

30

Um mehrere verschiedene Wellenlängenbereiche für die Schichtdickenbestimmung zu verwenden kann das von der

- 11 -

Beleuchtungsquelle abgestrahlte Licht nacheinander mit verschiedenen Filtereinrichtungen gefiltert werden. Für jeden mit einer Filtereinrichtung vorgegebenen Wellenlängenbereich wird ein integrierter Intensitätswert
5 ermittelt und die mehreren integrierten Intensitätswerte mit jeweils zugeordneten theoretisch berechneten Intensitätsreferenzwerten verglichen. Die verschiedenen Filtereinrichtungen können verschiedene Kantenfilter oder Interferenzfilter oder andere bereits bekannte optische
10 Filtereinrichtungen bzw. Kombinationen derartiger Filtereinrichtungen sein.

Es ist ebenfalls möglich und für verschiedene Anwendungsbereiche vorteilhaft, dass die Schicht mit Licht
15 aus mehreren Beleuchtungsquellen beleuchtet wird, die jeweils Licht aus unterschiedlichen Wellenlängenbereichen abstrahlen. Mit Hilfe von mehreren verschiedenen Beleuchtungsquellen kann bei einem gleichzeitigen Betrieb gleichzeitig Licht mit Wellenlängen aus den verschiedenen
20 Wellenlängenbereichen abgestrahlt werden, wobei eine gegebenenfalls gewünschte Unterscheidung der Wellenlängenbereiche im Bereich der optischen Bilderfassungseinrichtung erfolgen kann. Bei einem wechselnden Betrieb der einzelnen Beleuchtungsquellen
25 erfolgt die Unterscheidung von Wellenlängenbereichen auf der Beleuchtungsseite.

Aufgrund der geringen konstruktiven Anforderungen an die für das Verfahren erforderliche Messvorrichtung ist es
30 kostengünstig möglich, für mehrere, räumlich beabstandete Bereiche der Schicht die Schichtdicke zu bestimmen. Auf diese Weise kann für einen großen Flächenbereich die

- 12 -

Schichtdicke einer auf das Substrat aufgetragenen Schicht gleichzeitig, bzw. innerhalb kürzester Zeit ermittelt werden. In Verbindung mit Druckverfahren, mit denen dünne Schichten auf das Substrat aufgedruckt werden, können

5 großflächige Substrate sehr rasch und äußerst kostengünstig mit einer Schicht beschichtet werden, deren Schichtdicke während oder unmittelbar im Anschluss an deren Herstellung präzise bekannt ist bzw. kontrolliert werden kann, um einen

10 derartigen Beschichtungsprozess einer wirtschaftlich sinnvollen Nutzung zuzuführen.

Im Hinblick auf eine möglichst rasche Bestimmung der Schichtdicke für einen großen Bereich der Schicht ist es vorteilhaft, dass die optische Bilderfassungseinrichtung

15 mindestens ein zeilenförmiges oder flächiges Erfassungselement aufweist, um einen möglichst großen Bereich der Schicht gleichzeitig erfassen zu können. Als zeilenförmiges Erfassungselement können beispielsweise geeignete Komponenten einer handelsüblichen

20 Scannereinrichtung oder eines Faxgerätes bzw. vergleichbare optische Komponenten verwendet werden. Als flächiges Erfassungselement können beispielsweise CCD-Chips oder CMOS-Chips von handelsüblichen digitalen Kameras verwendet werden. Es ist ebenso denkbar, andere matrixförmige

25 optische Flächensensoren einzusetzen. Mit einem flächigen Erfassungselement können ein großer Bereich der Schicht und gegebenenfalls die vollständige Schicht mit einer einzigen Aufnahme erfasst und die Schichtdicke der Schicht orts aufgelöst bestimmt werden. Im Vergleich zu den bereits

30 bekannten punktförmigen Schichtdickenbestimmungsmethoden kann die Verfahrensdauer erheblich reduziert werden.

- 13 -

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass mit einem alternativen Schichtdickenbestimmungsverfahren ein Schichtdickenbereich der Schicht bestimmt wird und dass der
5 über einen Wellenlängenbereich integrierter Intensitätswert des reflektierten Lichts nur mit theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerten verglichen wird, die für eine Schichtdicke in dem Schichtdickenbereich ermittelt wurden. Als alternatives Schichtdickenbestimmungsverfahren kann
10 beispielsweise eine Transmissionslichtmessung durchgeführt werden. Zu diesem Zweck kann die Intensität des von einer Beleuchtungseinrichtung abgestrahlten und durch die Schicht transmittierten Lichts gemessen und mit Referenzwerten bei bekannten Schichtdicken eines gleichen Schichtmaterials
15 verglichen werden, um einen Schichtdickenbereich zu ermitteln, in welchem sich die tatsächliche Schichtdicke befindet. Es sind natürlich auch andere alternative Schichtdickenbestimmungsverfahren möglich und geeignet, um zusätzliche Informationen zur Schichtdicke zu ermitteln und
20 einen Schichtdickenbereich vorzugeben.

Zur Bestimmung der Schichtdicke werden die tatsächlich gemessenen Intensitätswerte nur mit theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerten verglichen, die sich für
25 Schichtdickenwerte innerhalb des auswertbaren Schichtdickenbereichs ergeben. Auf diese Weise können Mehrdeutigkeiten vermieden werden, die sich bei einem Vergleich der gemessenen Intensitätswerte mit theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerten ergeben können, die
30 außerhalb des vorab durch das alternative Schichtdickenbestimmungsverfahren vorgegebenen Schichtdickenbereichs liegen. Dies kann zu einer

- 14 -

erheblichen Erweiterung des Messbereichs führen, innerhalb dessen eine zuverlässige Schichtdickenbestimmung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich ist.

- 5 Nachfolgend werden verschiedene Aspekte und Ausführungsbeispiele des Erfindungsgedankens näher erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer optischen
10 Messvorrichtung zur Schichtdickenbestimmung einer dünnen Schicht eines mit zwei dünnen Schichten beschichteten Substrats,

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer flächengetreuen
15 Abbildung des von dem in Fig. 1 dargestellten Substrat reflektierten Lichts,

Fig. 3 eine schematische Darstellung von theoretisch
ermittelten Intensitätsreferenzwerten C_R , C_G und C_B für
20 einen roten Wellenlängenbereich, einen grünen Wellenlängenbereich und für einen blauen Wellenlängenbereich des an der dünnen Schicht reflektierten Lichts in Abhängigkeit von einer Schichtdicke der dünnen Schicht,

25 Fig. 4 eine schematische Darstellung des Verlaufs der in Fig. 3 gezeigten theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerte sowie überlagert dargestellte gemittelte Intensitätswerte für jeweils mehrere mit der optischen Messvorrichtung gemessene Intensitätswerte,

30

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer abweichend zu Fig. 1 ausgestalteten optischen Messvorrichtung zur

- 15 -

Schichtdickenbestimmung, wobei die Schicht mit einem flächigen Erfassungselement der optischen Bilderfassungseinrichtung vollständig erfasst wird, und

- 5 Fig. 6 eine schematische Darstellung einer erneut abweichend ausgestalteten optischen Messvorrichtung zur Schichtdickenbestimmung, wobei die Beleuchtung und die optische Bilderfassungseinrichtung jeweils telezentrisch ausgestaltet sind.

10

- Eine in Figur 1 exemplarisch und schematisch dargestellte Messvorrichtung 1 weist eine Lichtquelle 2 auf, deren Licht durch eine Blende 3 auf einen teildurchlässigen Spiegel 4 fällt. Das von dem teildurchlässigen Spiegel 4 reflektierte
- 15 Licht wird durch eine Kollimatoreinrichtung 5 auf eine dünne Schicht 6 gerichtet, die auf einem Trägersubstrat 7 und auf einer unmittelbar auf dem Trägersubstrat 7 angeordneten Referenzschicht 8 aufgebracht ist. Das von einer oberen Grenzfläche 9 und von einer unteren
- 20 Grenzfläche 10 der dünnen Schicht 6 reflektierte Licht wird durch die Kollimatoreinrichtung 5 und durch den teildurchlässigen Spiegel 4 mit Hilfe einer Sensor-Spiegelanordnung 11 auf einen optischen Intensitätssensor 12 gerichtet. Unmittelbar vor dem Intensitätssensor 12
- 25 können wahlweise verschiedene Filter 13 angeordnet werden, mit denen ein jeweils zugeordneter Wellenlängenbereich durchgelassen und reflektiertes Licht mit einer Wellenlänge außerhalb des zugelassenen Wellenlängenbereichs aus dem Strahlengang herausgefiltert werden kann.

30

Die Blende 3 kann einen im Wesentlichen streifenförmigen Lichtvorhang erzeugen. Die Intensität des an den

- 16 -

Grenzflächen 9 und 10 der dünnen Schicht 6 reflektierten Lichts kann mit einem ebenfalls streifenförmigen Intensitätssensor 12 gemessen werden. Als Intensitätssensor 12 kann beispielsweise eine zeilenförmiger CCD-Sensor oder
5 CMOS-Sensor verwendet werden, wie er in aus der Praxis bekannten handelsüblichen Scanner-Einrichtungen oder Fax-Geräten eingesetzt wird.

Die Lichtquelle 2, die Blende 3, der teildurchlässige
10 Spiegel 4, die Kollimatoreinrichtung 5, die Spiegelanordnung 11, der Intensitätssensor 12 und die Filter 13 bilden die optischen Komponenten der Messvorrichtung 1. Alle diese optischen Komponenten 2, 3, 4, 5, 11, 12 und 13 können gemeinsam in einem Gehäuse 14
15 angeordnet und im Wesentlichen parallel zu der unteren Grenzfläche 10 der dünnen Schicht 6 verlagert werden. Es ist ebenfalls möglich, beispielsweise die Lichtquelle 2, die Blende 3, die Filter 13 und den Intensitätssensor 12 ortsfest anzuordnen und lediglich die Kollimatoreinrichtung
20 5, den teildurchlässigen Spiegel 4 und die Spiegelanordnung 11 relativ zu der dünnen Schicht 6 zu verlagern. Die verlagerbaren optischen Komponenten 2, 3, 4, 5, 11, 12 und 13 bzw. 4, 5 und 11 können dabei entweder eindimensional längs einer Raumrichtung oder zweidimensional in zwei
25 Raumrichtungen jeweils parallel zu der dünnen Schicht 6 verlagert werden.

Mit der Messvorrichtung 1 kann innerhalb kürzester Zeit eine flächengetreue Abbildung der von den Grenzflächen 9
30 und 10 der dünnen Schicht 6 reflektierten Lichtintensität erzeugt und gemessen werden.

- 17 -

In Figur 2 ist exemplarisch eine flächengetreue Abbildung der mit der Messvorrichtung 1 gemessenen Intensität des reflektierten Lichts dargestellt, das von den Grenzflächen 9 und 10 der dünnen Schicht 6 sowie von weiteren

5 Grenzflächen der Referenzschicht 8 und des Trägersubstrats 7 reflektiert wurde. Anhand eines Vergleichs der gemessenen Intensitätswerte mit in Abhängigkeit von einer angenommenen Schichtdicke theoretisch ermittelten Intensitätsreferenz-

10 werten kann eine Schichtdicke der dünnen Schicht 6 oder der Referenzschicht 8 ermittelt werden, für welche der tatsächlich gemessene Intensitätswert bestmöglich mit dem theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwert übereinstimmt.

15 Um die Auswirkungen von zeitlich veränderlichen Größen wie beispielsweise Intensitätsschwankungen der Lichtquelle 2 möglichst zu reduzieren oder zu eliminieren kann ein gemessener Kontrastwert als Differenz des gemessenen Intensitätswertes an der dünnen Schicht 6 abzüglich eines

20 gemessenen Intensitätsreferenzwertes ermittelt werden, der an der Referenzschicht 8 gemessen wurde. Dieser Kontrastwert wird dann mit einem theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwert verglichen, der ebenfalls als Differenz des theoretisch ermittelten

25 Intensitätsreferenzwertes für die dünne Schicht 6 abzüglich eines theoretisch ermittelten Referenzwertes der Referenzschicht 8 ermittelt wird.

In Figur 3 sind jeweils für einen mit geeigneten Filtern 13

30 vorgegebenen roten Wellenlängenbereich, für einen grünen Wellenlängenbereich und für einen blauen Wellenlängenbereich die theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerte

C_R , C_G und C_B des an der dünnen Schicht 6 reflektierten Lichts in Abhängigkeit von einer Schichtdicke λ der dünnen Schicht 6 dargestellt. Die Kontrastreferenzwerte wurden in Abhängigkeit von der Schichtdicke als Differenz des

5 theoretisch ermittelten Intensitätswerts und des theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwerts bei einer Referenzschichtdicke bestimmt und auf eine Gesamtintensität normiert. Während für kleine Schichtdicken $\lambda < 100$ nm für alle Wellenlängenbereiche die theoretisch ermittelten

10 Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B eine eindeutige Funktion der Schichtdicke λ darstellen, können für größere Schichtdicken $\lambda > 100$ nm die einzelnen Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B für sich betrachtet mehrdeutig werden und nicht mehr eindeutig einer einzigen Schichtdicke λ

15 zugeordnet werden. Werden die Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B jedoch gemeinsam einer einheitlichen Auswertung zugeführt, kann auch für Schichtdicken λ in einem Bereich bis $\lambda > 600$ nm jedem Wertetripel der Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B eindeutig eine einzige Schichtdicke λ

20 zugeordnet werden.

In Figur 4 ist für einen Bereich der Schichtdicke λ von 0 nm $\leq \lambda \leq 600$ nm ein Vergleich zwischen der theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B und den

25 gemittelten Kontrastwert-Triplen für jeweils mehrere mit der optischen Messvorrichtung gemessene Intensitätswerte bzw. für die Kontrastwerte eines Referenz-Schichtaufbaus mit vorgegebenen Schichtdicken von 0 nm (gemittelter gemessener Kontrastwert #0) bis 500 nm (gemittelter

30 gemessener Kontrastwert #6) in Schritten von 100 nm. Für die Darstellung wurden die theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B in ein durch die drei

- 19 -

Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B aufgespanntes dreidimensionales Koordinatensystem eingetragen.

Die gemessenen Kontrastwert-Triple #0 bis #6 stimmen im
5 Rahmen der Messgenauigkeit mit den theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerten überein. Selbst bei geringen Abweichungen der im Einzelfall tatsächlich gemessenen Kontrastwerte von den theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerten C_R , C_G und C_B würde für jeden
10 tatsächlich gemessenen Kontrastwert-Triple eindeutig ein zugeordnetes Werte-Triple der theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B zugeordnet werden können, welches den geringsten Abstand zu dem tatsächlich gemessenen Kontrastwert-Triple aufweist. Der diesem
15 theoretisch ermittelten Kontrastreferenzwerte C_R , C_G und C_B zugeordnete Wert der Schichtdicke λ entspricht dann der für die gemessenen Kontrastwerte verantwortlichen Schichtdicke der dünnen Schicht 6.

20 Bei einer in Figur 5 exemplarisch und schematisch dargestellten Messvorrichtung 1' werden die dünne Schicht 6 und die Referenzschicht 8 mit Licht aus mehreren verschiedenen Beleuchtungsquellen 14, 15, 16 beleuchtet, die jeweils Licht aus unterschiedlichen
25 Wellenlängenbereichen abstrahlen. Die einzelnen Beleuchtungsquellen 14, 15 und 16 sind jeweils verschiedenfarbige LEDs. Die einzelnen Beleuchtungsquellen 14, 15 und 16 können auch monochromatische oder kohärente Beleuchtungsquellen wie beispielsweise geeignete
30 Lasereinrichtungen sein. Es ist jedoch auch möglich, an Stelle der einzelnen Beleuchtungsquellen 14, 15 und 16 eine einzelne Beleuchtungsquelle zu verwenden, die Licht in

- 20 -

einem großen Wellenlängenbereich emittiert, und das emittierte Licht durch geeignete Filtereinrichtungen nacheinander auf jeweils verschiedene Wellenlängenbereiche zu beschränken.

5

Durch geeignete Blenden 3 und optische Linsensysteme 17 kann erreicht werden, dass die dünne Schicht 6 gleichzeitig vollständig ausgeleuchtet wird und das von der dünnen Schicht 6 reflektierte Licht von einem optischen

10 Intensitätssensor 18 der optischen

Bilderfassungseinrichtung erfasst wird, der ein flächiges Erfassungselement aufweist. Auf diese Weise kann mit einer einzigen Aufnahme des optischen Intensitätssensors 18 der optischen Bilderfassungseinrichtung und damit sehr rasch

15 eine präzise und orts aufgelöste Ermittlung der Schichtdicke der dünnen Schicht 6 durchgeführt werden. Die optische

Bilderfassungseinrichtung kann unmittelbar bzw. senkrecht oberhalb der dünnen Schicht 6 und in Abhängigkeit von dem verwendeten Linsensystem 17 in einem großen oder geringen

20 Abstand zu der dünnen Schicht 6 angeordnet sein.

Bei dem in Fig. 6 exemplarisch dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Messvorrichtung 1'' zwischen den Beleuchtungsquellen 14, 15 und 16 und der dünnen

25 Schicht 6, bzw. dem teildurchlässigen Spiegel 4 und

zwischen der dünnen Schicht 6, bzw. dem teildurchlässigen

Spiegel 4 und dem optischen Intensitätssensor 18 jeweils

ein optisches Linsensystem 19, 20 zur Erzeugung eines

telezentrischen Strahlengangs auf. Auf diese Weise kann die

30 Präzision der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren

durchgeführten Ermittlung der Schichtdicke verbessert

werden.

- 21 -

Mit einer weiteren Beleuchtungsquelle 21 kann zusätzlich eine Transmissionsmessung durchgeführt werden und die von dieser Beleuchtungsquelle 21 durch die auf einem
5 transparenten Trägersubstrat 22 aufgebrachte dünne Schicht 6 transmittierte Transmissionsintensität zeitversetzt mit der optischen Bilderfassungseinrichtung erfasst werden. Durch einen Vergleich mit vorab für vorgegebene Schichtdicken ermittelten Transmissionsintensitäten kann
10 mit der Transmissionsmessung ein Schichtdickenbereich ermittelt werden, innerhalb dessen die tatsächliche Schichtdicke der dünnen Schicht 6 liegen muss. Auf diese Weise kann durch eine zusätzliche Berücksichtigung des derart ermittelten Schichtdickenbereichs der Messbereich
15 für das erfindungsgemäße Verfahren erweitert und auch für ansonsten nicht mehr eindeutig bestimmbare Schichtdicken eine zuverlässige und präzise Ermittlung der Schichtdicke durchgeführt werden. Es ist ebenfalls möglich, an der Stelle der weiteren Beleuchtungsquelle 21 einen optischen
20 Sensor anzuordnen, der die von den Beleuchtungsquellen 14, 15 und 16 transmittierte Transmissionsintensität gleichzeitig zu der Messung der Reflexionsintensitäten mit der optischen Bilderfassungseinrichtung erfassen und einer Auswertung zuführen kann.

25

P a t e n t a n s p r ü c h e

5 1. Verfahren zur Ermittlung einer Schichtdicke einer
flächig auf einem Substrat (7) aufgetragenen dünnen Schicht
(6) durch Messung von optischen Dünnschichtinterferenzen,
wobei die Schicht (6) beleuchtet wird, das von Grenzflächen
(9, 10) der Schicht (6) reflektierte Licht gemessen und
10 anhand der Messwerte des reflektierten Lichts die
Schichtdicke ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass
mit einer optischen Bilderfassungseinrichtung eine
flächengetreue Abbildung des an zwei gegenüberliegenden
Grenzflächen der dünnen Schicht (6) reflektierten Lichts
15 aufgenommen wird, und dass ein über einen
Wellenlängenbereich integrierter Intensitätswert des
reflektierten Lichts mit einem theoretisch ermittelten
Intensitätsreferenzwert verglichen wird, um die
Schichtdicke der Schicht (6) zu ermitteln.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass der gemessene Intensitätswert mit einem
Beleuchtungsintensitätswert normiert und mit einem
theoretisch ermittelten normierten Intensitätsreferenzwert
25 verglichen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass ein normierter gemessener Kontrastwert als normierte
Differenz des gemessenen Intensitätswertes abzüglich eines
30 gemessenen Intensitätsreferenzwertes ermittelt und mit
einem normierten theoretisch ermittelten
Kontrastreferenzwert verglichen wird, der ebenfalls als

Differenz des theoretisch ermittelten Intensitätsreferenzwertes abzüglich eines theoretisch ermittelten Referenzwertes ermittelt wird.

- 5 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Verfahrensschritt eine bekannte oder vorgegebene Schichtdicke einer Referenzschicht (8) gemessen wird, um anschließend die unbekannte Schichtdicke zu ermitteln.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die bekannte oder vorgegebene Schichtdicke der Referenzschicht (8) beabstandet zu der Schicht (6) mit der zu ermittelnden Schichtdicke gemessen wird.
- 15 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Schichtdicke einen Referenz-Nullwert darstellt.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere jeweils über verschiedene Wellenlängenbereiche integrierte Intensitätswerte ermittelt und mit jeweils zugeordneten theoretisch berechneten Intensitätsreferenzwerten
- 25 verglichen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (6) mit Licht einer Beleuchtungsquelle (2) beleuchtet wird, die gleichzeitig Licht mit Wellenlängen
- 30 aus den verschiedenen Wellenlängenbereichen abstrahlt.

- 24 -

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
dass das von der Beleuchtungsquelle (2) abgestrahlte Licht
durch eine Filtereinrichtung geführt wird, sodass die
Schicht (6) nur mit Licht aus einem Wellenlängenbereich
5 beleuchtet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
dass das von der Beleuchtungsquelle (2) abgestrahlte Licht
nacheinander mit verschiedenen Filtereinrichtungen
10 gefiltert wird.

11. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (6) mit Licht aus
mehreren Beleuchtungsquellen (14, 15, 16) beleuchtet wird,
15 die jeweils Licht aus unterschiedlichen
Wellenlängenbereichen abstrahlen.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass für mehrere räumlich
20 beabstandete Bereiche der Schicht (6) die jeweilige
Schichtdicke bestimmt wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die optische
25 Bilderfassungseinrichtung mindestens ein zeilenförmiges
oder flächiges Erfassungselement aufweist, um einen
möglichst großen Bereich der Schicht (6) gleichzeitig
erfassen zu können.

30 14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass mit einem alternativen
Schichtdickenbestimmungsverfahren ein Schichtdickenbereich

- 25 -

der Schicht (6) bestimmt wird und dass der über einen
Wellenlängenbereich integrierter Intensitätswert des
reflektierten Lichts nur mit theoretisch ermittelten
Intensitätsreferenzwerten verglichen wird, die für eine
5 Schichtdicke in dem Schichtdickenbereich ermittelt wurden.

1/3

FIG 1

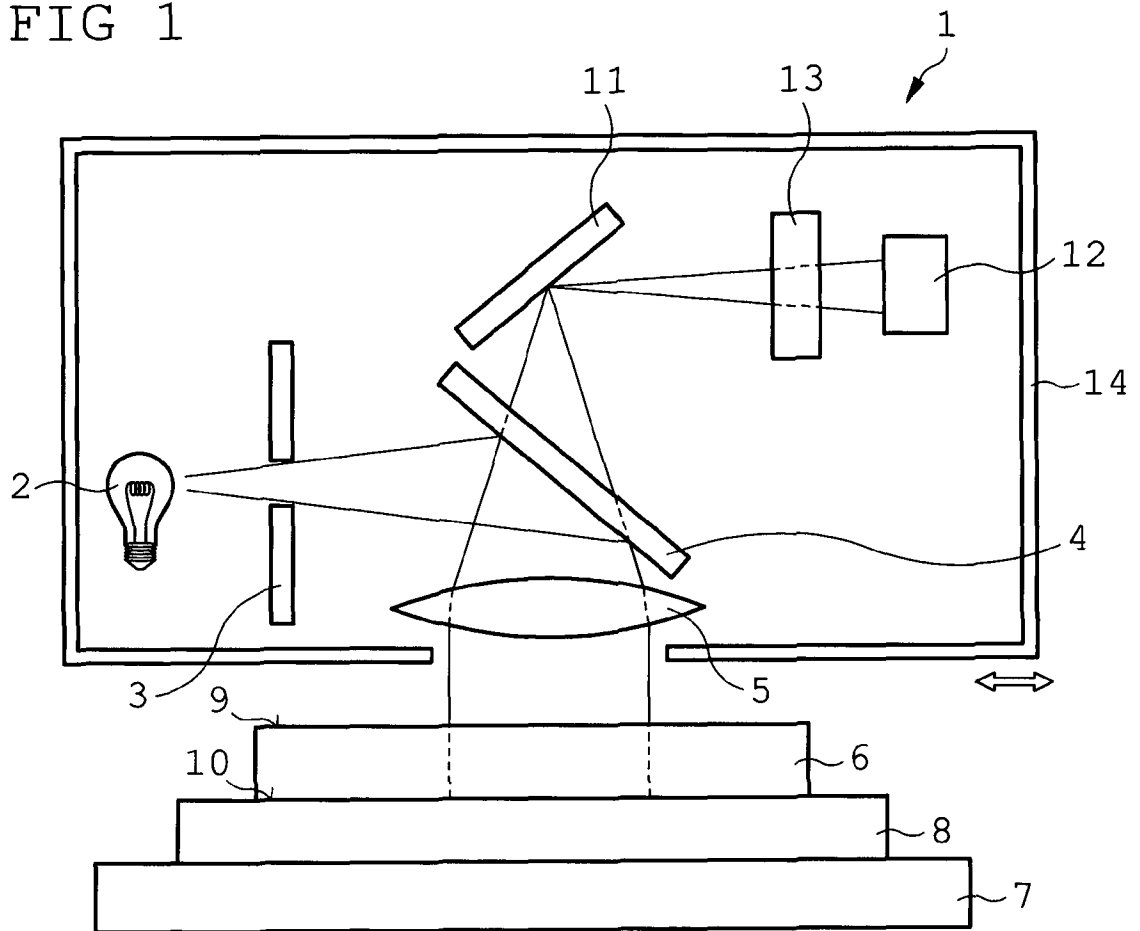
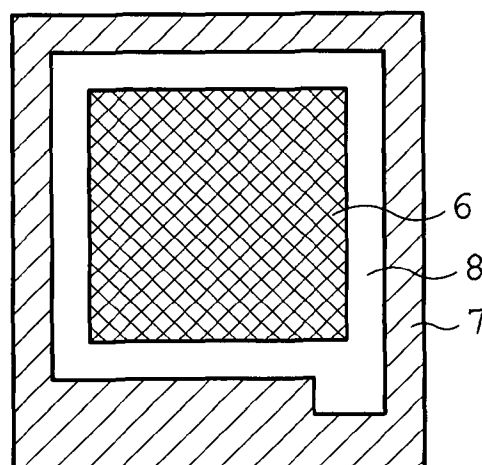


FIG 2



2/3

FIG 3

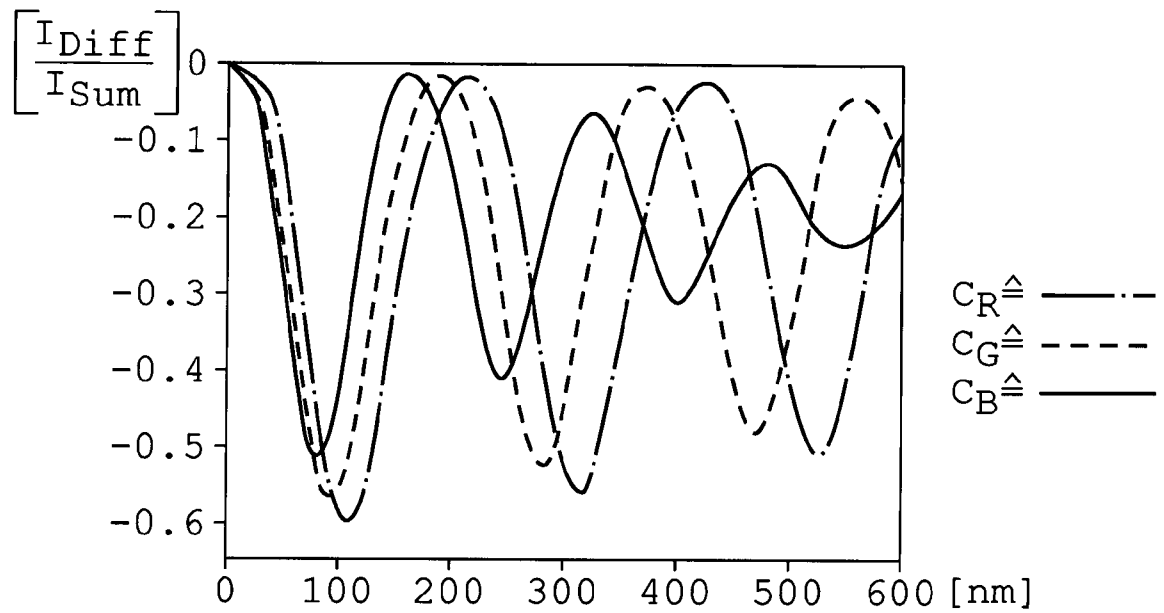
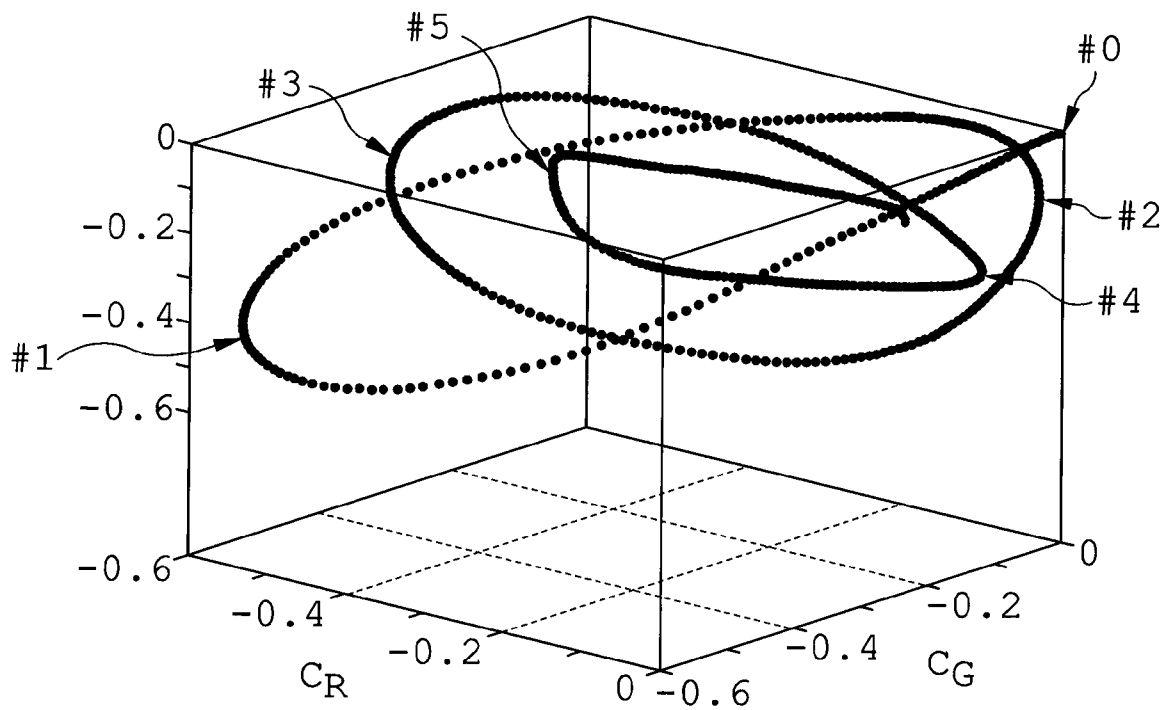


FIG 4



3/3

FIG 5

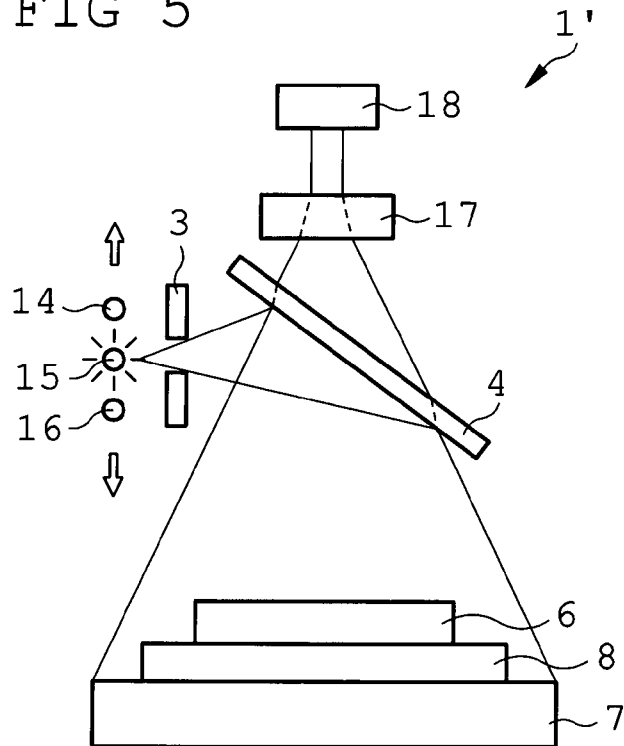
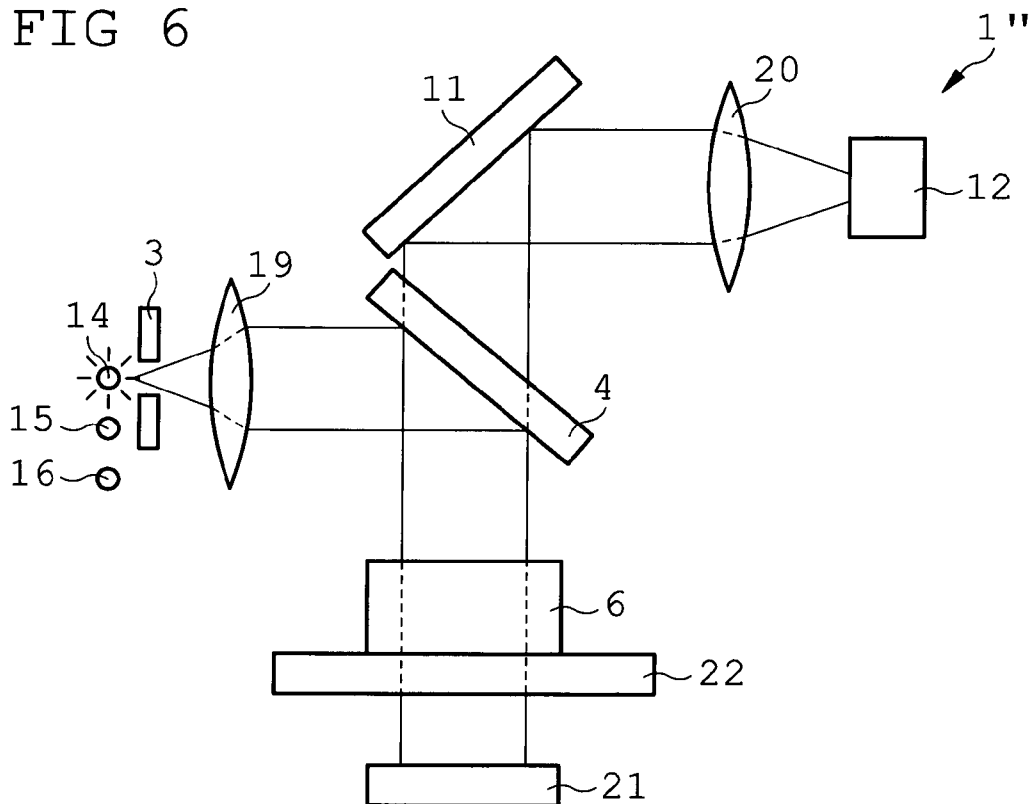


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/065316

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B11/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BIRNIE D P: "Optical video interpretation of interference colors from thin transparent films on silicon", MATERIALS LETTERS, NORTH HOLLAND PUBLISHING COMPANY. AMSTERDAM, NL, vol. 58, no. 22-23, 1 September 2004 (2004-09-01), pages 2795-2800, XP004524862, ISSN: 0167-577X, DOI: 10.1016/J.MATLET.2004.04.018	1,2,4-8, 12-14
A	the whole document	3
X	US 5 619 330 A (EHMANN JR GEORGE M [US] ET AL) 8 April 1997 (1997-04-08)	1,2,7-14
A	the whole document	3
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 October 2014

Date of mailing of the international search report

16/10/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stanciu, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/065316

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 365 340 A (LEDGER ANTHONY M [US]) 15 November 1994 (1994-11-15) the whole document -----	1,9-11
X,P	NILS BORNEMANN ET AL: "A flatbed scanner for large-area thickness determination of ultra-thin layers in printed electronics", OPTICS EXPRESS, vol. 21, no. 19, 23 September 2013 (2013-09-23), page 21897, XP055141947, ISSN: 1094-4087, DOI: 10.1364/OE.21.021897 the whole document -----	9-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/065316

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5619330	A	08-04-1997	NONE

US 5365340	A	15-11-1994	DE 69317736 D1 07-05-1998
			DE 69317736 T2 30-07-1998
			EP 0601580 A1 15-06-1994
			IL 107901 A 08-02-1998
			JP H0830646 B2 27-03-1996
			JP H06281420 A 07-10-1994
			TW 229265 B 01-09-1994
			US 5365340 A 15-11-1994

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B11/06
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BIRNIE D P: "Optical video interpretation of interference colors from thin transparent films on silicon", MATERIALS LETTERS, NORTH HOLLAND PUBLISHING COMPANY. AMSTERDAM, NL, Bd. 58, Nr. 22-23, 1. September 2004 (2004-09-01), Seiten 2795-2800, XP004524862, ISSN: 0167-577X, DOI: 10.1016/J.MATLET.2004.04.018	1,2,4-8, 12-14
A	das ganze Dokument	3
X	US 5 619 330 A (EHEMANN JR GEORGE M [US] ET AL) 8. April 1997 (1997-04-08)	1,2,7-14
A	das ganze Dokument	3
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Oktober 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Stanciu, C

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 365 340 A (LEDGER ANTHONY M [US]) 15. November 1994 (1994-11-15) das ganze Dokument -----	1,9-11
X,P	NILS BORNEMANN ET AL: "A flatbed scanner for large-area thickness determination of ultra-thin layers in printed electronics", OPTICS EXPRESS, Bd. 21, Nr. 19, 23. September 2013 (2013-09-23), Seite 21897, XP055141947, ISSN: 1094-4087, DOI: 10.1364/OE.21.021897 das ganze Dokument -----	9-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/065316

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5619330	A	08-04-1997	KEINE

US 5365340	A	15-11-1994	DE 69317736 D1 07-05-1998
			DE 69317736 T2 30-07-1998
			EP 0601580 A1 15-06-1994
			IL 107901 A 08-02-1998
			JP H0830646 B2 27-03-1996
			JP H06281420 A 07-10-1994
			TW 229265 B 01-09-1994
			US 5365340 A 15-11-1994
