

(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
2. Februar 2012 (02.02.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/013604 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 21/55 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/062672

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2011 (22.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 038 718.5 30. Juli 2010 (30.07.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Straße 22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **TOTZECK, Michael** [DE/DE]; Schwerzer Weg 11, 73525 Schwäbisch Gmünd (DE). **WEGENDT, Holger** [DE/DE]; An der Lauter 20/1, 73563 Mögglingen (DE). **KARTAL, Ersun** [TR/DE]; Farbachstraße 288, 73431 Aalen (DE). **WI-DULLE, Frank** [DE/DE]; Westheimer Straße 8, 89233 Neu-Ulm (DE).

(74) Anwalt: **LECHNER, Armin**; Hofstetter, Schurack & Skora, Balanstraße 57, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEASURING DEVICE AND METHOD FOR DETERMINING A FIRST PARAMETER DESCRIBING AN ELECTRICAL PROPERTY OF A THIN FILM ON A SUBSTRATE

(54) Bezeichnung : MESSVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES EINE ELEKTRISCHE EIGENSCHAFT EINER DÜNNSCICHT AUF EINEM TRÄGER BESCHREIBENDEN ERSTEN PARAMETER

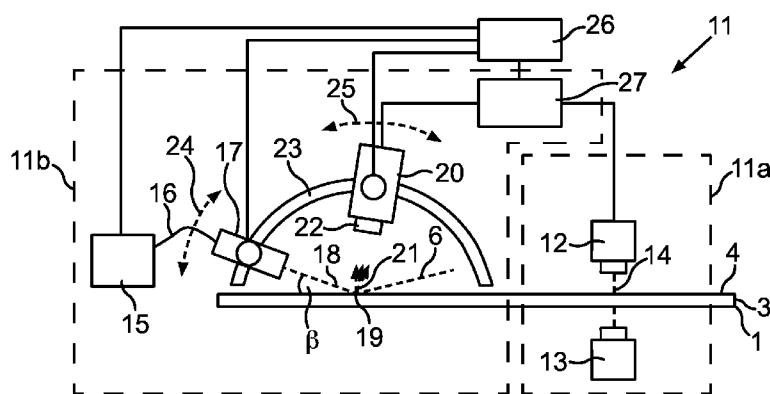


Fig.4

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a first parameter describing an electrical property of a thin film (3) on a substrate (1), wherein the thin film (3) is illuminated over at least portions of the surface area (4) thereof, wherein the illumination light (18) is radiated onto the thin film (3) in a wavelength-specific manner at such an angle (β) that at least one optical resonance condition (7) occurs inside the thin film (3), and the light (21) scattered by the thin film (7) under said resonance condition and a scatter field generated thereby are detected and evaluated, wherein changes of the first parameter can be ascertained in dependence on changes in the scatter field. The invention also relates to a measuring device (11) for determining a parameter describing an electrical property of a thin film (3) on a substrate.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer elektrischen Eigenschaft einer Dünnschicht (3) auf einem Träger (1) beschreibenden ersten Parameter, wobei die Dünnschicht (3) zumindest bereichsweise über ihre Fläche (4) beleuchtet wird, wobei das Beleuchtungslicht (18) wellenlängenspezifisch unter einem derartigen Winkel (β) auf die Dünnschicht (3) eingestrahlt wird, dass innerhalb der Dünnschicht (3) zumindest eine optische Resonanzbedingung (7) auftritt, und das unter dieser Resonanzbedingung (7) von der Dünnschicht (3) abgestrahlte Licht (21) und ein dadurch erzeugtes Streufeld (21) erfasst und ausgewertet wird, wobei abhängig von Änderungen im Streufeld Änderungen des ersten Parameters erkannt werden. Die Erfindung betrifft auch eine Messvorrichtung (11) zum Bestimmen einer elektrischen Eigenschaft einer Dünnschicht (3) auf einem Träger beschreibenden Parameter.

Beschreibung

Messvorrichtung und Verfahren zum Bestimmen eines eine
5 elektrische Eigenschaft einer Dünnschicht auf einem Träger beschreibenden ersten Parameter

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines
eine elektrische Eigenschaft einer Dünnschicht auf einem
Träger beschreibenden ersten Parameter. Des Weiteren be-
10 trifft die Erfindung auch eine Messvorrichtung zum
Bestimmen eines derartigen Parameterwerts.

Stand der Technik

Ein wesentliches Qualitätskriterium dünner leitfähiger
Schichten ist die Homogenität ihrer elektrischen Leitfä-
higkeit auf mikroskopischer bis makroskopischer Skala.
15 Dies gilt insbesondere für elektrische Schaltungsträger
(so genannte backplanes) von TFT- (thin film transistor)
und OLED- (organic light emitting diode) Displays, da
sich eine zu starke Inhomogenität der elektrischen Leit-
fähigkeit im Endprodukt durch eine ungleichmäßige Hellig-
20 keitsverteilung bemerkbar macht und das menschliche Auge
darauf sehr empfindlich reagiert.

- 2 -

Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit oder invers im Widerstand können durch unterschiedliche Ladungsträgerkonzentrationen und/oder unterschiedliche Ladungsträgerbeweglichkeit und/oder unterschiedliche Schichtdicken der Dünnschicht verursacht sein.

Die Dünnschichten sind in der Regel auf großen Glasplatten von mehreren Quadratmetern Größe aufgebracht. Die Glasplatten weisen Dicken von einem Millimeter bis mehreren Millimetern auf. Die Dünnschichten weisen Schichtdicken im Nanometerbereich bis Mikrometerbereich auf. Typische Verfahren zum Aufbringen dieser Dünnschichten sind das Aufdampfen, Abscheiden aus der Gasphase oder Sputtern. Häufig wird für technische Anwendungen der Film amorph aufgebracht und anschließend durch Erhitzen über den Schmelzpunkt und anschließendes schnelles Erstarren kristallisiert. Bei letzterem Verfahren erfolgt das Aufschmelzen in der Regel durch Beleuchtung mit einer intensiven Laserlicht-Linie, unter der schrittweise das Substrat bewegt wird. Dadurch liegen Fehler häufig in einer gitterartigen Struktur vor.

Speziell für die Laserkristallisation amorpher Filme sind die Verfahren TDX (thin beam directional crystallization), TBSLS (thin beam sequential lateral solidification) und TBELA (thin beam excimer laser annealing) bekannt.

Für TDX findet die Kristallisation quer zur Glasoberfläche in länglichen, grob ausgerichteten Kristallen statt. Nachdem TBSLS-Verfahren liegen ähnliche Kristallite vor, allerdings mit regelmäßigen Unterbrechungen (beispielsweise alle 5 μm), so dass sich keine durchgehenden Kristallite bilden. Unter TBELA erfolgt die Kristallisa-

tion senkrecht zur Glasoberfläche. Damit liegen auf der Oberfläche unregelmäßige Kristallite ohne eindeutige Vorzugsrichtung vor. Es ist unmittelbar einsichtig, dass je nach Kristallisationsmethode unterschiedliche räumliche
5 Leitfähigkeitsverteilungen vorliegen.

Bei herkömmlichen Vorgehensweisen erfolgen Schichtdickenmessungen durch spektrale Analyse des transmittierten oder reflektierten Feldes. Durch eine punktförmige Rasterung der Schicht entstehen lange Messzeiten. Damit ist
10 nur eine stichprobenartige Charakterisierung der Fläche möglich. Bei einer weiteren Vorgehensweise gemäß Ellipsometrie erfolgt eine punktförmige Analyse mit jedoch sehr langer Messzeit. Ein Tiefen-Auflösungsvermögen einer 3D-Mikroskopie ist nicht ausreichend.

15 Bei einer Leitfähigkeitsmessung im Mikrowellengebiet ist demgegenüber eine nicht ausreichende Flächenauflösung gegeben und problematisch. Bei gegenwärtigen fertigen und somit als Endprodukt bereitgestellten LCD- (liquid crystal display) oder OLED-Displays wird anhand von Intensitätsmessungen eine Fehlerdirektion durchgeführt. Dies erfolgt jedoch erst am Ende der gesamten Prozesskette bei fertig gestelltem Display. Insoweit ist dies dann aufwendig im Hinblick auf das bereits Vorliegen des gesamten Displays und darüber hinaus sehr kostenintensiv. Nicht
20 zuletzt ist auch bei Erkennung eines Fehlers das Aussortieren relativ teuer, da bereits das gesamte Endprodukt quasi als Fehlerprodukt aussortiert werden muss.

Heutzutage werden die oben erwähnten Substrate auf Ihre Schichtqualität mittels visueller Inspektionsplätze durch

- 4 -

geschultes Personal auf Fehler und Inhomogenitäten inspiziert.

Eine absolute flächige Inspektion dieser Substrate ist wegen der Sensitivität des menschlichen Auges auf Helligkeitsunterschiede in Displays zwingend erforderlich. Diese Helligkeitsunterschiede können durch sehr teure und aufwendige Kompensationsschaltungen am fertigen Display korrigiert werden.

Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie eine Messvorrichtung bereitzustellen, mit dem bzw. mit der die Bestimmung eines die elektrische Eigenschaft der Dünnschicht beschreibenden Parameters einfacher und aufwandsärmer erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, welches die Merkmale nach Anspruch 1 aufweist, und eine Messvorrichtung, welche die Merkmale von Anspruch 15 aufweist.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Bestimmen einer elektrischen Eigenschaft einer Dünnschicht auf einem Träger beschreibenden ersten Parameters wird die erzeugte Dünnschicht zumindest Bereichsweise über ihre Fläche beleuchtet. Das Beleuchtungslicht wird wellenlängenspezifisch und somit abhängig von seiner Emissionswellenlänge unter einem derartigen Winkel auf die Dünnschicht eingestrahlt, dass innerhalb der Dünnschicht zumindest eine optische Resonanzbedingung auftritt. Das von der Dünnschicht abgestrahlte Licht, und somit das gestreute und/oder reflektierte und/oder transmittierte Licht wird

- 5 -

erfasst. Insbesondere das Streulicht wird in einem Streufeld erfasst dieses wird ausgewertet.

Abhängig von Änderungen in diesem Streufeld werden Änderungen des ersten Parameters, der eine elektrische Eigenschaft der Dünnschicht beschreibt, erkannt. Der erste Parameter ist insbesondere die elektrische Leitfähigkeit.

Es wird also eine optische Charakterisierung einer Dünnschicht durch Abbildung des Streulichtfelds bei Beleuchtung unter einem definierten Winkel mit einer definierten Wellenlänge durchgeführt und zwar derartig, dass innerhalb der Dünnschicht wenigstens eine optische Resonanzbedingung erfüllt ist. Unter diesen Bedingungen ist die Empfindlichkeit auf die Brechzahl bzw. den Brechungsindex und eine Schichtdickenänderung maximal. Eine Inhomogenität in der elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschicht macht sich durch Unterschiede in der Streufeldintensität bemerkbar. Durch eine derartige Vorgehensweise kann somit sehr einfach und aufwandsarm und dennoch äußerst exakt Inhomogenität in dem elektrischen Parameter erkannt werden. Auch sehr geringfügige Inhomogenitäten können dadurch sicher und präzise detektiert werden.

Insbesondere durch die Auswertung und Analyse der Intensitätsänderungen im Streulichtfeld können diese Änderungen der Parameterwerte des die elektrischen Eigenschaften der Dünnschicht beschreibenden Parameters auch einfach erkannt werden.

Insbesondere ist vorgesehen, dass dann, wenn die auf Basis des Streufelds ermittelte Inhomogenität innerhalb eines insbesondere von der Dünnschicht selbst, insbesondere deren Dicke und/oder deren Einsatzzweck, wie bspw. als

Backplane für Displays, und/oder deren Materialzusammensetzung, abhängigen Toleranzintervalls liegt, die Dünnschicht als geeignet für den vorgesehenen Einsatzzweck beurteilt wird. Liegt die Inhomogenität innerhalb des variabel vorgebbaren Toleranzintervalls, liegt auch die Helligkeitsschwankung in einem Bereich, der akzeptabel ist, insbesondere ggf. vom menschlichen Auge gar nicht wahrnehmbar ist. Liegt die Inhomogenität außerhalb des Toleranzintervalls ist das Substrat mit der Dünnschicht nicht tauglich für den geplanten Einsatzzweck.

Insbesondere ist vorgesehen, Schichtparameter der Dünnschicht nicht für jeden Punkt der Fläche dieser Dünnschicht zu messen, sondern die experimentellen Bedingungen so zu wählen, dass die Sensitivität eines einfachen Ausgangssignals auf Änderungen der Schichtparameter besonders groß ist. Gerade dazu ist es von besonderer Vorteilhaftigkeit, die Beleuchtungsbedingungen so einzustellen, dass sich innerhalb der Schicht eine optische Resonanz ausbildet.

Aufgrund von geringer Dickenschwankung reicht eine Grobmessung an einer Stützstellen aus. Die Schwankung ist so gering, dass der Fehler durch den Winkel des Empfangsbereichs der Kamera auch aufgenommen werden.

Insbesondere ist die Dünnschicht mit einer periodischen Struktur ausgebildet. Gerade bei derartigen Schichtausgestaltungen entstehen diese optischen Resonanzen. Diese optischen Resonanzen entstehen daher insbesondere auf Schichten mit derartigen periodischen Strukturen, welche aus Gradientenindexen oder Amplitudenüberhöhungen herrühren.

Derartige optische Resonanzen zeigen in Simulationen eine signifikantere Intensitätsänderung in der ersten Ordnung als in der nullten Ordnung. Besonders vorteilhaft wird somit die Messung nicht in der nullten Ordnung sondern in
5 höherer Ordnung durchgeführt und somit nicht in direkter Reflexion.

Vorzugsweise wird zumindest an einer Stützstelle und somit einem Flächenpunkt der Dünnschicht ein die mit insbesondere periodischer Struktur ausgebildete Dünnschicht
10 beschreibender zweiter Parameter gemessen. Insbesondere werden hierbei die Schichtdicke und/oder der Brechungsindex gemessen. Abhängig von diesem zumindest einen zweiten Parameter wird dann die optische Resonanzbedingung bestimmt. Es erfolgt in diesem Zusammenhang insbesondere
15 eine nicht-flächenhafte Erfassung, wie bereits oben angedeutet wurde. Prinzipiell reicht bereits eine derartige Stützstellenmessung aus. Es können jedoch auch mehrere an unterschiedlichen Stützstellen durchgeführte Messungen erfolgen. Da üblicherweise die Schichtdickenschwankung
20 der Dünnschicht relativ gering ist, reicht prinzipiell bereits eine derartige Stützstellenmessung aus.

Bei einer höchsten Schichtdickenvariation von 30% kann die Inhomogenität noch ermittelt werden. Vorteilhafter wäre eine Variation von 20% der Schichtdicke und besser
25 eine Variation von 10%.

Größere Schwankungen der Schichtdicke müssten dann über eine teilkontinuierliche Messung in einem so genannten geschlossenen Umlauf („closed loop“)-Prozess ermittelt werden und für die jeweilige Schichtdicke angepasst wer-
30 den.

Vorzugsweise wird die Stützstelle in einem Bereich der Fläche der Dünnschicht gewählt, der nicht in einem Randbereich des beschichteten Substrats liegt. Ein derartiger Rand ist für eine Stützstellenmessung ungeeigneter, da es hier zu Schichtdickenüberhöhungen aufgrund der Fertigung und Erzeugung der Dünnschicht kommt und somit üblicherweise dort kein repräsentativer Wert erhalten wird.

In besonderer Vorteilhaftigkeit des Verfahrens ist es daher nicht erforderlich, zumindest über den größten Teil der Fläche eine derartige Stützstellenmessung oder sogar jeden Punkt der Fläche eine derartige Stützstellenmessung durchzuführen.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass eine optische Resonanzbedingung simulativ ermittelt wird und als Eingangsparameterwert dazu zumindest ein gemessener Parameterwert berücksichtigt wird. Als Eingangsparameterwert kann beispielsweise ein gemessener Wert der Schichtdicke und/oder ein gemessener Wert des Brechungsindex berücksichtigt werden. Prinzipiell reicht bereits ein derartiger Wert einer Schichtdicke oder ein derartiger Wert eines Brechungsindex aus. Die Messung zumindest eines Werts eines derartigen Schichtparameters erfolgt vorzugsweise durch Weißlicht-Spektroskopie.

Vorzugsweise wird ein mathematisches Modell zugrundegelegt, wobei anhand der gemessenen Parameterwerte und mittels des mathematischen Modells der geeignete Beleuchtungs- und Abbildungswinkel berechnet wird, in dem dann das Beleuchtungslicht auf die Dünnschicht eingestrahlt wird und entsprechend ein Detektor angeordnet wird, um

das abgestrahlte Licht in der optischen Resonanzbedingung detektieren zu können.

Vorzugsweise wird die Dünnschicht mit ihrer periodischen Struktur in ihrem mathematischen Modell abgebildet bzw.
5 beschrieben und es wird unter Berücksichtigung von zumindest einem gemessenen Eingangsparameterwert der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex ein Arbeitspunkt bestimmt. Ein Arbeitspunkt definiert sich insbesondere aus einem Wertepaar zwischen dem definierten Winkel, mit dem
10 das Beleuchtungslicht auf die Dünnschicht eingestrahlt wird und der Wellenlänge des Beleuchtungslichts.

Es wird somit vorzugsweise als ein Arbeitspunkt auch eine Position einer Beleuchtungslichtquelle und einem Detektor zur Aufnahme des Streufelds unter Berücksichtigung der
15 Wellenlänge des Beleuchtungslichts bestimmt, wobei die Position relativ zur Dünnschicht bestimmt wird. Dies insbesondere im Hinblick darauf, dass bei der Position eine ermittelte optische Resonanzbedingung erfüllt wird.

Da durch entsprechende Analyse bzw. vorherige Informationen das Material der Dünnschicht als auch die Wellenlänge
20 des verwendeten Beleuchtungslichts bekannt ist, kann auch ermittelt werden, bei welchem Winkel des Beleuchtungslichts eine optische Resonanz in der Dünnschicht auftritt.

Berücksichtigt wird insbesondere hier auch die periodische Struktur der Dünnschicht, wobei anhand dieser Struktur und der Dünnschicht ein mathematisches Modell zu
Grunde gelegt wird. Dazu wird die gemessene Schichtdicke und/oder der gemessene Brechungsindex benötigt. Anhand
30 dieses mathematischen Modells lassen sich dann die opti-

schen Resonanzen bei bestimmten Beleuchtungswinkeln berechnen. Die Position der optischen Resonanzbedingung ist die gleiche wie die Position des optischen Detektors zur Detektion des abgestrahlten Lichts von der Dünnschicht.

5 Das heißt man kennt dann anhand dieser Rechnung die Stelle, an der man die optische Resonanz erwartet, bestimmen.

Die relevanten Parameter zur Erstellung des Modells sind die Schichtdicke, der Einfallswinkel der Beleuchtung, der Gitterabstand mit der Gitterbreite und Höhe sowie die

10 Substratdicke mit ihrer empirisch ermittelten Brechzahl. Durch die Lösung der Maxwell'schen Gleichung mit den oben erwähnten Parametern werden dann die Plots für die reflektierte Intensität, welche über den Einfallswinkel und Wellenlänge aufgetragen sind, berechnet.

15 In bevorzugter Ausführung ist vorgesehen, dass die Messung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex an einer Stützstelle diskret erfolgt, insbesondere vor der Streufelddetektion durchgeführt wird. Bei einer derartigen Ausgestaltung wird somit minimal nur einmal eine derartige Stützstellenmessung durchgeführt. Es kann auch

20 vorgesehen sein, dass in spezifischen Zeitabständen jeweils eine derartige Stützstellenmessung durchgeführt wird, wobei dadurch die Begrifflichkeit einer diskreten Messung umfasst ist.

25 Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Messung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex während der Streufelddetektion durchgeführt wird, insbesondere während der Streufelddetektion kontinuierlich durchgeführt wird. Es kann hier vorgesehen sein, dass die Messvorrichtung mit Subsystemen so ausgebildet und angeordnet wird,

30

- 11 -

dass an der gleichen Stelle der Dünnschicht die Stützstellenmessung und dann die Streufelddetektion an dieser Stützstelle erfolgt.

In vorteilhafter Weise wird vorgesehen, dass die Bestimmung eines die Dünnschicht beschreibenden zweiten Parameters mit einem ersten Subsystem einer Messvorrichtung zum Bestimmen einer elektrischen Eigenschaft einer Dünnschicht auf einem Träger beschreibenden ersten Parameters durchgeführt wird, und die Streufelddetektion mit einem zweiten Subsystem der Messvorrichtung durchgeführt wird. Eine derartige Separierung der Messvorrichtung in zwei Subsysteme bringt dadurch die entsprechende Vorteilhaftigkeit im Hinblick auf die jeweils dazu zu messenden individuellen Parameterwerte.

Vorzugsweise wird vorgesehen, dass mit dem ersten Subsystem der Messvorrichtung die Dünnschicht von einer ersten Seite mit Licht beleuchtet wird, das Reflexionslicht erfasst wird und an der gegenüberliegenden Seite das Transmissionslicht detektiert wird. Abhängig von dem Reflexionslicht und dem Transmissionslicht wird dann die Schichtdicke und/oder der Brechungsindex gemessen bzw. bestimmt. Bei einer derartigen Ausgestaltung sind somit Komponenten des ersten Subsystems an unterschiedlichen Seiten der Dünnschicht angeordnet. In einer weiteren alternativen Ausführung kann vorgesehen sein, dass mit dem ersten Subsystem der Messvorrichtung die Dünnschicht durch ein Ellipsometer mit polarisiertem Licht beleuchtet wird und auf der gleichen Seite der Dünnschicht eine Polarisationsanalysatoreinheit angeordnet ist, welche aus dem Reflexionslicht die Polarisation des Lichts bestimmt,

wobei abhängig davon die Schichtdicke und/oder der Brechungsindex der Dünnschicht bestimmt werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Subsysteme der Messvorrichtung so angeordnet werden, dass ohne Verschieben der Subsysteme relativ zueinander und ohne Verschieben des Trägers mit der Dünnschicht relativ zur Messvorrichtung keine gleichzeitige Messung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex durch das erste Subsystem an einer ersten Stelle der Dünnschicht und eine Streufelddetektion an dieser ersten Stelle durch das zweite Subsystem durchgeführt werden kann. Die Subsysteme der Messvorrichtung werden bei dieser Ausführung daher so positioniert, dass an unterschiedlichen Flächenpunkten der Dünnschicht einerseits die Stützstellenmessung zur Bestimmung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex durchgeführt wird, und an anderer Stelle dann die Streufelddetektion erfolgt.

In einer weiteren alternativen Ausführung wird vorgesehen, dass die beiden Subsysteme der Messvorrichtung in einem System integriert werden und an einer Stelle der Dünnschicht sowohl eine Messung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex als auch dann eine Streufelddetektion durchgeführt wird. Bei dieser Ausgestaltung wird somit ohne Verschieben eines Subsystems an dem gleichen Flächenpunkt der Dünnschicht eine Messung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex einerseits und eine Streufelddetektion des Einfalltslichts und den daraus resultierenden abgestrahlten Licht von der Dünnschicht durchgeführt.

Vorzugsweise wird die Dünnschicht zur Messung des Streufelds relativ zur Messvorrichtung verschoben. In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass die Verschiebung so erfolgt, dass im Wesentlichen die gesamte Oberfläche der Dünnschicht im Hinblick auf das Streufeld vermessen wird.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Messvorrichtung mehrere zweite Subsysteme, insbesondere mehrere Streufelddetektoren aufweist, die so angeordnet werden, dass sie im Wesentlichen die gesamte Oberfläche der Dünnschicht im Hinblick auf ihren detektierenden Erfassungsbereich abdecken.

In besonders vorteilhafter Weise wird die Messung des Streufelds in erster Ordnung der optischen Resonanzbedingung durchgeführt. Wie bereits oben erwähnt, ergibt sich dadurch der Vorteil einer wesentlich signifikanteren Intensitätsänderung des Streufelds gegenüber direkter Reflexion und somit in nullter Ordnung. Dadurch können auch sehr geringe Inhomogenitäten präzise als auch ihre ganz exakte lokale Position detektiert werden.

Vorzugsweise werden als optische Resonanzbedingung eine Fabry-Pérot-Resonanz und/oder eine Plasmonen-Resonanz zugrundegelegt. Bei Erfüllung der Fabry-Pérot-Resonanzbedingung stellt sich eine Feldüberhöhung innerhalb des Dünnschichtfilms ein. Bei Plasmonen-Resonanz tritt eine Feldüberhöhung an wenigstens einer Grenzfläche auf. Gerade bei diesen Bedingungen ist die Empfindlichkeit auf Brechzahl und Schichtdickenänderung maximal.

Im Hinblick auf eine flächenhafte Aufnahme des Streulichtfelds wird insbesondere vorgesehen, mit einer Kamera

eine zweidimensionale Information eines Teils der Fläche der Dünnschicht aufzunehmen. Das Substrat mit Dünnschicht wird dabei relativ zur Messvorrichtung bewegt, so dass man von einem Teil-Scannen der Oberfläche der Dünnschicht
5 reden kann. Durch eine laterale Vervielfachung der Beleuchtungseinrichtung und der Kamera kann man die gesamte Fläche der Dünnschicht inspizieren, wie bereits oben angedeutet wurde.

Des Weiteren ist noch zu erwähnen, dass mit dem Detektor
10 zur Erfassung des Streulichtfelds auch ein gewisser Toleranzbereich im Hinblick auf den Winkel des abgestrahlten Lichts erfasst werden kann und somit auch im Hinblick auf die optische Resonanzbedingung ein gewisser Toleranzbereich mit umfasst und detektiert wird. Die Inhomogenität
15 der Dünnschicht und somit die Schwankung des die Dünnschicht beschreibenden elektrischen Parameters im Hinblick auf dessen Werte wird dann aus der flächigen Aufnahme der Kamera ermittelt.

Da bei spezifischen Dünnschichten davon ausgegangen werden kann, dass die Schichtdickenschwankung in einem gewissen Toleranzbereich auftritt, reicht bereits eine einzige Stützstellenmessung aus, um dann abhängig von diesem Wert und dem mathematischen Modell eine Ermittlung der Resonanzposition pro Substrat mit Dünnschicht durchzuführen.
20
25 Der Vorteil dieses Systems ist die äußerst präzise und hochgenaue Messung einmal durchzuführen und dann quasi einen Schwellwert für die Kamerainspektion zu berechnen, welche dann schnell die gesamte ausgeleuchtete Substratfläche auf Inhomogenität inspizieren kann.

Wie bereits mehrmals erläutert, ergibt sich daraus die wesentliche Vorteilhaftigkeit des Verfahrens im Hinblick auf Schnelligkeit und geringem Aufwand und äußerst hohe Präzision.

- 5 Vorzugsweise liegt ein geeigneter Arbeitspunkt, wie er oben definiert wurde, an der Flanke eines Reflexionsminimums. Gerade grad dann, wenn die Schichtdickenschwankung des Substrats und darauf aufgebraachte Dünnschicht in einer gewissen Toleranz bleibt, muss somit nur eine einzige
- 10 Stützstellenmessung bezüglich der Schichtdicke und/oder der Brechzahl durchgeführt werden.

Ist es nicht gegeben, oder soll eine noch höhere Präzision erreicht werden, so kann als alternative Vorgehensweise beispielsweise ein Ellipsometer verwendet werden. Es

15 kann dann kontinuierlich eine Stützstellenmessung an einer Stelle oder bei Bewegung des Substrats relativ zur Messvorrichtung an unterschiedlichsten Stellen und Flächenpunkten der Dünnschicht durchgeführt werden.

Alternativ zur Messung der Schichtdicke und/oder der

20 Brechzahl direkt an der zu untersuchenden Dünnschicht kann auch eine simulative Bestimmung dieser Schichtdicke und/oder der Brechzahl durchgeführt werden. Dazu wird insbesondere vorgesehen, dass anhand einer einmal ermittelten Probe der Dünnschicht mit den genannten Parametern

25 eine entsprechende Simulativwertbildung für die dann tatsächlich zu vermessende Dünnschicht bereitgestellt wird. Bei dieser rein simulativen Vorgehensweise zur Schichtdickenbestimmung und/oder Brechzahlbestimmung wird die Annahme zugrundegelegt, dass das Glassubstrat immer innerhalb einer gewissen Toleranz bleibt. Ein geringer Nach-

30

- 16 -

teil dieser rein simulativen Vorgehensweise besteht in der Genauigkeit und Eindeutigkeit.

Gerade dann, wenn die Schichtdickenschwankung der Dünnschicht innerhalb eines gewissen Toleranzbereichs liegt und annahmegemäß diese eingehalten wird, ist es nicht
5 zwingend erforderlich, dass die Stützstellenmessung an dem gleichen Flächenpunkt der Dünnschicht erfolgt, wie dann eine Streufeldmessung. Diese nicht zwingend erforderliche Abstimmung kann bei minimaler Schichtdickenschwankung deswegen unterbleiben, da der Detektor zur Er-
10 fassung des Streufelds einen gewissen Bildwinkel und somit auch einen gewissen Toleranzbereich erfasst und abbildet.

Eine erfindungsgemäße Messvorrichtung zum Bestimmen eines
15 eine elektrische Eigenschaft einer Dünnschicht auf einem Träger beschriebenen Parameter erfasst eine Beleuchtungseinrichtung. Mit dieser Beleuchtungseinrichtung wird die Dünnschicht zumindest bereichsweise über der Fläche beleuchtet. Die Messvorrichtung umfasst darüber hinaus eine
20 Steuer- und Auswerteeinheit, welche zur Steuerung der Position der Beleuchtungseinrichtung ausgebildet ist und mit welcher die Beleuchtungseinrichtung abhängig von ausgewerteten Signalen örtlich so zur Dünnschicht positionierbar ist, dass das Beleuchtungslicht der Beleuchtungseinrichtung mit seiner Wellenlänge und einem derartigen
25 Winkel auf die Dünnsicht einstrahlbar ist, dass innerhalb der Dünnschicht zumindest eine optische Resonanzbedingung auftritt, und dass unter dieser Resonanzbedingung von der Dünnschicht abgestrahlte Licht erfassbar und ein dadurch
30 erzeugtes Streufeld auswertbar ist, wobei abhängig von Änderungen, insbesondere Intensitätsänderungen, im Streu-

- 17 -

lichtfeld Änderungen des ersten Parameters erkennbar sind.

Die Messvorrichtung umfasst im Hinblick auf seine Komponenten vorzugsweise zwei Subsysteme. Dabei ist ein Subsystem zur Messung der Schichtdicke und/oder des Brechungsindex der Dünnschicht an zumindest einer spezifischen Stützstelle ausgebildet.

Das zweite Subsystem der Messvorrichtung ist zur Detektion des Streulichtfelds ausgebildet. Die beiden Subsysteme können mit ihren Komponenten so angeordnet sein, dass die Stützstellenmessung an einem ersten Flächenpunkt erfolgt und die Streufeldmessung an einen unterschiedlichen zweiten Flächenpunkt. Es kann jedoch vorgesehen sein, dass im Laufe des Messvorgangs das zweite Subsystem auch an der Stützstelle zur Streufeldmessung verbracht wird. Insbesondere ist vorgesehen, dass dadurch eine Relativbewegung ermöglicht ist, wobei insbesondere dazu das Substrat mit der Dünnschicht relativ zum zweiten Subsystem und somit auch zur Messvorrichtung verschiebbar angeordnet ist. Bei dieser Ausgestaltung sind somit die beiden Subsysteme so relativ zueinander positioniert, dass ohne ein Verschieben der Subsysteme und ohne ein Verschieben der Dünnschicht relativ zur Messvorrichtung die beiden Subsysteme an unterschiedlichen Flächenpunkten der Dünnschicht detektieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann auch vorgesehen sein, dass die beiden Subsysteme so angeordnet sind, dass sie quasi gleichzeitig an einem Flächenpunkt der Dünnschicht detektieren können.

Vorzugsweise umfasst das erste Subsystem zwei Komponenten. Dabei kann eine derartige Komponente der Oberseite der Dünnschicht zugewandt angeordnet sein, und die zweite Komponente der Unterseite der Dünnschicht und somit auch
5 insbesondere der Unterseite des Substrats zugewandt sein. Vorzugsweise bilden die beiden Komponenten ein Diodenzeilen-Spekrometer.

Vorzugsweise umfasst das zweite Suchsystem eine Kameraoptik, die insbesondere als Scheimpflug-Optik ausgebildet
10 ist. Bei einer derartigen Ausgestaltung wird eine Abbildung erfasst die über die gesamte Fläche fokussiert ist. Diese ermittelte Abbildung wird mittels einer Verzeichniskorrektur dann korrigiert. Insbesondere ist die Beleuchtungseinrichtung und der Detektor zur Erfassung des
15 Streulichtfelds an einer gemeinsamen Haltevorrichtung angeordnet, welche bogenförmig, insbesondere kreisbogenförmig, ausgebildet ist, so dass die Beleuchtungseinrichtung und die Kameraabdeckung im Hinblick auf die jeweils geeigneten Positionen zur Dünnschicht variabel verschwenkt
20 und positioniert werden können. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die jeweils gegebenen optischen Resonanzbedingungen besonders vorteilhaft, so dass auch hier die Relativpositionen äußerst exakt und variabel verändert und eingestellt werden können.

25 Bei einer weiteren Ausgestaltung der Messvorrichtung können die beiden detektierenden Komponenten des ersten Subsystems auf der gleichen Seite der Dünnschicht angeordnet sein. Es kann hierzu ein Ellipsometer vorgesehen sein. Bei einer derartigen Ausgestaltung umfasst das erste Subsystem somit eine Einheit, die polarisiertes Licht emittiert und auch die Dünnschicht damit angestrahlt, wobei
30

darüber hinaus eine Polarisationsanalysatoreinheit vorgesehen ist, mit der das von der Dünnschicht dann abgestrahlte Licht im Hinblick auf dessen Polarisation detektierbar ist.

5 Auch hier kann das erste Subsystem so angeordnet sein, dass die Stützstellenmessung ohne Verschieben der beiden Subsysteme relativ zueinander und ohne ein Verschieben des Substrats relativ zur Messvorrichtung an einem unterschiedlichen Flächenpunkt als eine Streufelddetektion
10 durchgeführt ist.

Die Messeinheiten des ersten Subsystems können als Art Stützstelle für das aufgenommene Kamerabild verwendet werden. Hierzu kann insbesondere mittels Software eine Mustererkennung oder eine auf dem zu messenden Träger mit
15 der Dünnschicht zumindest eine Markierung ausgebildet sein, um die genaue Position zu ermitteln.

Ebenfalls kann bei dieser Ausgestaltung des ersten Subsystems jedoch auch eine Anordnung der Messvorrichtung und der Subsysteme zueinander sein, bei der an einem
20 gleichen Flächenpunkt die Stützstellenmessung und die Streufelddetektion durchgeführt wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann als zusätzlicher Verfahrensschritt vorgesehen sein, dass eine Auswertung einer Qualitätsvariation durchgeführt wird,
25 wobei dies anhand von Intensitätsänderungen in einem Durchlichtverfahren anhand der Abbildung mittels Kamera erfolgt.

Bei dieser Messung wird die Schichtdicke an einer zu markierenden oder ermittelten Position gemessen. Mittels der

- 20 -

Kamera wird hier im Durchlichtverfahren die Abbildung aufgenommen. Anhand der genauen Korrelation zwischen ermittelten Schichtdicke an einem konkreten Punkt und der abgebildeten Kameraaufnahme an einem dann zu ermittelten Punkt wird anhand der Helligkeitsvariation direkt die Schichtinhomogenität in der abbildenden Aufnahme ermittelt.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen und in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind als vorteilhafte Ausführungen der Messvorrichtung anzusehen. Zur Durchführung dieser Verfahrensschritte umfasst die Messvorrichtung entsprechende Mittel. Diese können von den einzelnen Subsystemen umfasst sein. Insbesondere ist darüber hinaus auch die Steuer- und Auswerteeinheit entsprechend ausgebildet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung von optischen Resonanzen in einem dünnen Film;

Fig. 2 ein Diagramm, bei dem die Reflektivität eines dünnen Films für verschiedene Finessen dargestellt ist;

Fig. 3 ein Diagramm bei dem die Intensität in Abhängigkeit von der Phasendifferenz zur Wahl eines Arbeitspunktes in der Nähe einer Fabry-Pérot-Resonanz dargestellt ist;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer Messvorrichtung;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung; und

Fig. 8 eine schematische Draufsicht auf eine Messmodulkaskade zur Inspektion der gesamten Fläche.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

In den Figuren werden gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist in einer schematischen Darstellung eine Schnittdarstellung eines Substrats 1 gezeigt, auf dessen Oberfläche 2 eine Dünnschicht 3 als elektrisch leitender

Film aufgebracht ist. Mittels einer in Fig. 1 nicht gezeigten Beleuchtungseinrichtung wird Licht auf eine Oberfläche bzw. Oberseite 4 der Dünnschicht 3 eingestrahlt, was durch eine einfallende Welle als Einfallslight bzw. Beleuchtungslicht 5 gezeigt ist. An der Oberseite 4 wird dieses Beleuchtungslicht 5 reflektiert, so dass eine reflektierte Welle entsteht, die durch ein abgestrahltes Licht in Form eines Reflexionslichts 6 charakterisiert ist.

Des Weiteren ist symbolhaft dargestellt, dass im Inneren der Dünnschicht 3 eine Fabry-Pérot-Resonanz 7 auftritt. Ferner sind beispielhaft Wellenleitermoden 8 sowie Oberflächenwellen 9 ausgebildet. Des Weiteren ist noch eine transmittierte Welle als Transmissionslicht 10 eingezeichnet, welche wie das Reflexionslicht 6 ebenfalls ein von der Dünnschicht 3 abgestrahltes Licht darstellt. Streulicht als abgestrahltes Licht ist der Übersichtlichkeit dienend nicht eingezeichnet.

Resonanzen führen zu einer vergleichsweise abrupten Änderung des transmittierten, reflektierten oder gestreuten Lichtfeldes und machen sich entsprechend bemerkbar.

Die Position dieser optischen Resonanz lässt sich beispielsweise durch rigorose numerische Simulation, welche in der Regel basierend auf numerischen Lösungen der Maxwell'schen Gleichungen basieren, vorhersagen.

In Fig. 2 ist dazu ein beispielhaftes Diagramm gezeigt, bei dem die Intensität I in Abhängigkeit von der Phasendifferenz dargestellt ist. Es zeigen sich dabei Arten von optischen Resonanzen in einem dünnen Film bzw. in einer dünnen Schicht.

In der Nähe dieser Resonanzen führen kleine Änderungen zu messbaren Intensitätsänderungen. In der Regel bedeutet die Messung in Resonanz auch eine hohe Empfindlichkeit von den Eingangsgrößen der Beleuchtung. Damit diese sich
 5 nicht auf die Messergebnisse niederschlagen, ist eine flächenhafte Messung vorteilhaft.

Die Dünnschicht 3 weist eine Schichtdicke d auf, die etwa einen nm bis mehrere hundert nm aufweist.

Vorzugsweise kann eine Nutzung dieser Dünnschicht 3 als
 10 Fabry-Pérot-Resonator vorgesehen sein. Dieser hat einen Reflexionsverlauf, der durch einen konstanten Wert mit abrupten Einbrüchen gekennzeichnet ist, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. Der Transmissionsverlauf ist komplementär dazu. Die Abhängigkeit von Brechzahl bzw. Bre-
 15 chungsindex und Schichtdicke d ergibt sich aus der so genannten Airy-Formel, wie sie nachfolgend dargestellt ist.

$$I = I_0 \frac{F \sin^2(\delta/2)}{1 + F \sin^2(\delta/2)}$$

Diese Formel umfasst die Finesse F , welche wie folgt lautet:

$$20 \quad F = \frac{4r_1 r_1}{(1 - r_1 r_1)^2}$$

Und die Phasendifferenz δ für eine Hin-Rück-Reflexion, die folgendermaßen lautet:

$$\delta = \frac{4\pi n d \cos \alpha}{\lambda}$$

Hierbei bezeichnet λ die Wellenlänge, n den Brechungsindex, d die Schichtdicke und α den Ausbreitungswinkel innerhalb der Dünnschicht 3.

Entscheidend für die Schärfe der Reflexionsminima ist diese Finesse F . Sie hängt vom Produkt der Flächen-
5 Reflexionsfaktoren r_1 und r_2 , nämlich der Filmober- und Unterseite ab. Bei einem gegebenen Film bzw. einer Dünnschicht 3 liegen die Brechzahlen fest. Die variable Größe ist der Einfallswinkel.

10 Entscheidend für die Position der Minima ist die Phasendifferenz δ , die linear von der Brechzahl n und der Schichtdicke d des Resonators abhängt.

Entsprechend den Fresnelschen Formeln steigt mit zunehmendem Einfallswinkel der Reflexionsfaktor und damit die
15 Finesse F des Fabry-Pérot-Resonators der aus der Schicht gebildet wird. Damit wird die Sensitivität auf Dicken-schwankungen größer. Allerdings geht gleichzeitig die Schichtdicke d nur noch um den Faktor $\cos\alpha$ vermindert ein. Beide Effekte kompensieren sich näherungsweise.

20 Werden die Wellenlänge und der Einfallswinkel so gewählt, dass die gerade an der Flanke eines Reflexionsminimums liegen, führen auch geringe Schichtdickenänderungen und/oder Brechzahländerungen zu sichtbaren Transmissions-änderungen. Dies ist in Punkt P1 in dem Diagramm gemäß
25 Fig. 3 gezeigt, bei dem die Intensität I in Abhängigkeit von der Phasendifferenz dargestellt ist.

Da nun nicht mehr ein ganzes Spektrum, sondern ein einzelner Wert aufgenommen wird, ist dieses erfindungsgemäße

- 25 -

Verfahren oder eine vorteilhafte Ausgestaltung davon inhärent inline-tauglich.

In der Darstellung gemäß Fig. 3 befindet man sich am Punkt P2 im Zentrum der Fabry-Pérot-Resonanz. Hier tritt
5 im Innern der Dünnschicht 3 die stärkste Resonanzüberhöhung auf, so dass die Lichtstreuung an Störungen maximal wird.

Ein ähnlicher Effekt tritt auf, wenn statt des spiegelnden Reflexes das Streufeld oder bei gitterartigen Strukturen eine Beugungsordnung betrachtet wird. Das ist eine
10 vorteilhafte Konfiguration, da hier der Kontrast deutlich besser und die örtliche Zuordnung einfacher ist. Entsprechend kann dies mit einer Plasmonen-Resonanzbedingung erreicht werden.

15 Durch Schichtrauheiten in der Brechzahl oder der Schichtdicke d können Oberflächen und Schichtwellenleitermoden angeregt werden. Ist die Einstrahlbedingung so, dass Oberflächen angeregt werden, findet eine maximale Überkopplung der Energie in die Oberflächenwellen statt. Dies
20 ist ebenfalls eine optische Resonanz, nur ist die Abhängigkeit von Wellenlängen und Einfallswinkel deutlich stärker als für die Fabry-Pérot-Resonanz. Eine derartige weitere optische Resonanzbedingung ist somit die Plasmonen-Resonanz.

25 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren oder einer vorteilhaften Ausgestaltung davon wird somit eine optische Charakterisierung einer Dünnschicht 3 durch Abbildung des Streulichtfeldes bei Beleuchtung und einem definierten Winkel mit einer definierten Wellenlänge durchgeführt, so
30 dass innerhalb der Dünnschicht 3 wenigstens eine optische

Resonanzbedingung erfüllt ist. Insbesondere können hier Fabry-Pérot-Resonanzbedingungen und/oder Plasmonen-Resonanzbedingungen für eine derartige Vorgehensweise zugrundegelegt werden. Gerade unter diesen Bedingungen
5 ist die Empfindlichkeit auf Brechzahl und Schichtdickenänderung maximal und eine inhomogene elektrische Leitfähigkeit, welche den ersten Parameter einer elektrischen Eigenschaft der Dünnschicht darstellt, macht sich durch Unterschiede in der Streufeldintensität bemerkbar.

10 Besonders bevorzugt wird die Dünnschicht mit einer periodischen Struktur erzeugt, auf denen diese optischen Resonanzbedingungen bestehen. In besonders vorteilhafter Weise wird im Ausführungsbeispiel die optische Resonanz nicht in der nullten Ordnung und somit in direkter Refle-
15 xion, sondern in höherer Ordnung, insbesondere erster Ordnung gemessen, da dadurch signifikant höhere Intensitätsänderungen erreichbar sind und somit auch kleine Inhomogenitäten durch diese Intensitätsänderungen kenntlich gemacht werden können.

20 In Fig. 3 ist in Punkt P1 diejenige Stelle gezeigt, in der Wellenlänge und Einfallswinkel so gewählt sind, dass sie gerade an der Flanke des Reflexionsminimums in Punkt P2 liegen. Der weitere gezeigte Punkt P3 ist ebenfalls an einer Flanke zu diesem Reflexionsminimum gezeigt und ent-
25 sprechend geeignet wie der Punkt P1.

In Fig. 4 ist in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer Messvorrichtung 11 gezeigt. Die Messvorrichtung 11 ist zum Bestimmen einer elektrischen Eigenschaft der Dünnschicht 3 auf dem Träger
30 bzw. dem Substrat 1 beschreibenden ersten Parameters,

nämlich der elektrischen Leitfähigkeit, ausgebildet. Die Messvorrichtung 11 umfasst dazu Mittel, mit denen die Dünnschicht 3 zumindest bereichsweise über ihre Fläche beleuchtet wird. Das Beleuchtungslicht weist dazu eine spezifische Wellenlänge auf und wird unter Berücksichtigung dieser Wellenlänge und einem derartigen Winkel β auf die Oberseite 4 der Dünnschicht 3 eingestrahlt, dass im Inneren der Dünnschicht 3 zumindest eine optische Resonanzbedingung auftritt. Die Vorrichtung 11 umfasst darüber hinaus weitere Mittel, mit denen das unter dieser zumindest einen optischen Resonanzbedingung von der Dünnschicht 3 abgestrahlte Licht erfasst wird. Des Weiteren umfasst die Messvorrichtung 11 Mittel, mit denen das durch dieses abgestrahlte Licht erzeugte Streufeld (Streulicht) ausgewertet wird, wobei abhängig von Intensitätsänderungen in der Streufeldverteilung Änderungen dieser elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschicht 3 erkannt werden können.

Die Vorrichtung 1 umfasst ein erstes Subsystem 11a. Dieses ist zur nicht-flächenhaften Bestimmung der Schichtdicke d und/oder der Brechzahl der Dünnschicht 3 ausgebildet. Dieses erste Subsystem 11a kann somit zumindest einen dieser Parameter wertmäßig erfassen. Es können auch beide Parameter wertmäßig erfasst werden. Insbesondere ist somit vorgesehen, dass zumindest Werte eines derartigen Parameters gemessen werden.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist dazu vorgesehen, dass das erste Subsystem 11a Messeinheiten 12 und 13 umfasst. Die Messeinheit 12 ist dabei auf der der Oberseite 4 der Dünnschicht 3 zugewandten Seite angeordnet. Die zweite Messeinheit 13 ist demgegenüber unter dem Substrat

1 angeordnet. Diese beiden Komponenten in Form der Messeinheiten 12 und 13 bilden vorzugsweise im Ausführungsbeispiel ein Diodenzeilenspektrometer.

In der gezeigten Ausführung erfolgt die optische Detektion der Schichtdicke d und/oder der Brechzahl der Dünnschicht 3 an einem ersten Flächenpunkt 14 der Dünnschicht 3

Die Messvorrichtung 11 umfasst darüber hinaus ein zweites Subsystem 11b, welches zur flächenhaften Abbildung des Schichtstreufeldes am Arbeitspunkt und zur Auswertung und Speicherung des Resultats ausgebildet ist. Das zweite Subsystem 11b ist in der gezeigten Ausführung gemäß Fig. 4 getrennt zum ersten Subsystem 11a angeordnet. Das zweite Subsystem 11b umfasst eine Lichtquelle 15, dessen Licht optional über einen Lichtleiter 16 und über eine Optik 17 auf die Oberseite 4 als Beleuchtungslight 18 eingestrahlt wird. Eine Einstrahlung erfolgt dabei auf einen zweiten Flächenpunkt 19, der verschieden zum ersten Flächenpunkt 14 ist. Dies bedeutet, dass bei der vorliegenden Ausführung die beiden Subsysteme 11a und 11b so angeordnet sind, dass sie ohne ein gegenseitiges relatives Verschieben zueinander und ohne ein Verschieben des Substrats 1 mit der Dünnschicht 3 nicht gemeinsam an einem einzigen Flächenpunkt der Dünnschicht 3 detektieren können.

Das zweite Subsystem 11b umfasst darüber hinaus einen Detektor 20 in Form einer Kamera, welche zur Detektion eines Streufelds 21 als von der Dünnschicht 3 abgestrahlte Licht ausgebildet ist. Insbesondere umfasst die Kamera 20

- 29 -

dazu eine Kameraoptik 22, die im Ausführungsbeispiel insbesondere als Scheimpflug-Optik ausgebildet ist.

In der gezeigten Ausführung ist sowohl die Optik 17 als auch die Kamera 20 als separate Komponenten ausgebildet und sie sind beabstandet zueinander angeordnet. Sie sind beide an einem gemeinsamen Träger 23 ausgebildet. Dieser ist halbkreisförmig gestaltet und beide Komponenten 17 und 20 sind unabhängig voneinander relativ bewegbar an dieser Halterung bzw. dem Träger 23 angeordnet. Beide können gemäß den Pfeildarstellungen 24 und 25 entsprechend verschwenkt werden. Dies kann manuell erfolgen und andererseits insbesondere vorzugsweise über eine Steuereinheit 26 gesteuert erfolgen.

Insbesondere werden die beiden Komponenten betreffend die Optik 17 und die Kamera 20 so zu Oberseite 4 der Dünnschicht 3 angeordnet, dass sie unter Berücksichtigung und Abhängigkeit von der Wellenlänge des Beleuchtungslichts 18 in einem jeweils definierten Winkel zur Oberfläche 4 angeordnet sind. Diese positionelle Anbringung und somit der Arbeitspunkt, welcher durch das Wertepaar aus Wellenlänge des Beleuchtungslichts 18 und des Winkels β gebildet ist, und unter Berücksichtigung des Materials der Dünnschicht 3 ist eine optische Resonanzbedingung erfüllt, so dass abhängig davon der Abstrahlwinkel des Streufelds 21 bekannt ist und daher entsprechend die Kamera 20 positioniert werden kann.

Des Weiteren umfasst die Messvorrichtung 11 eine Bildanalyseeinheit 27.

Wie zu erkennen ist, ist die Bildanalyseeinheit 27 sowohl mit der Kamera 20 als auch mit den Messeinheiten 12 und

13 des ersten Subsystems 11a elektrisch verbunden. Lediglich beispielhaft ist daher diese Bildanalyseeinheit 27 dem zweiten Subsystems 11d zugeordnet eingezeichnet. Sie kann auch dem ersten Subsystem 11a zugeordnet sein. Entsprechendes gilt auch für die Steuereinheit 26. Dies ist gemäß der Darstellung in Fig. 4 elektrisch mit der Bildanalyseeinheit 12 als auch mit der Kamera 20, der Optik 17 und der Lichtquelle 15 verbunden.

Im Hinblick auf die Funktionsweise der Messvorrichtung 11 zur Bestimmung von Inhomogenitäten der elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschicht 3 wird zunächst die ideale Position der Optik 17 und der Kamera 20 zur Oberfläche 4 berechnet, und zwar dahingehend, dass in optischer Resonanz das Streufeld 21 detektiert werden kann.

15 Dann wird zunächst durch das erste Subsystem 11a zumindest an einem einzigen Flächenpunkt 14 und somit an einer Stützstelle die Schichtdicke d oder die Brechzahl gemessen. Dies erfolgt beispielsweise durch Weißlicht-Spektroskopie. Durch diese ermittelten Parameterwerte wird dann anhand eines zugrundegelegten mathematischen Modells der geeignete Winkel β und die Position der Kamera im Hinblick auf ihre Winkelanordnung zur Oberfläche 4 berechnet. Diesbezüglich ist auch das Material der Dünnschicht 3 bekannt, so dass berechnet werden kann, bei 25 welchem Winkel β die optische Resonanzbedingung, insbesondere die Fabry-Pérot-Resonanz und/oder die Plasmonen-Resonanz auftritt. Anhand der periodischen Struktur der Dünnschicht 3 und der Schicht wird ein mathematisches Modell errechnet, wobei dazu die gemessene Schichtdicke d und/oder der Brechzahlwert zugrundegelegt werden. Anhand 30

dieses Modells lassen sich dann diese optische Resonanzen bei bestimmten Beleuchtungswinkeln berechnen.

Darüber hinaus wird dann anhand dieser Berechnung die entsprechende Position der Optik 17 und der Kamera 20
5 eingestellt. Da die Wellenlänge des verwendeten Lichts, welches als Beleuchtungslicht 18 auf die Oberseite 4 eingestrahlt werden soll, bekannt ist, kann ein entsprechender Arbeitspunkt bei dieser optischen Resonanz bestimmt werden. Der Arbeitspunkt ergibt sich dabei aus dem Wertepaar
10 betreffend die Wellenlänge des Beleuchtungslichts 18 und dem Winkel β .

Das Streufeld 21 wird dann durch die Kamera 20 detektiert, wobei dies nicht nur an dem zweiten Flächenpunkt 19 erfolgt, sondern über ein zumindest Teilscannen der
15 gesamten Oberfläche 4 der Dünnschicht 3. Dazu wird mit einer Kamera eine zweidimensionale Information eines Teils dieser Oberfläche 4 aufgenommen. Das Substrat 1 mit der Dünnschicht 3 wird dabei relativ zur Messvorrichtung 11 bewegt.

20 Durch eine laterale Vervielfachung der Beleuchtungseinrichtung und der Kamera kann darüber hinaus die gesamte Oberseite 4 inspiziert werden. Somit werden beispielhaft mehrere Module aneinander gereiht, wie dies beispielsweise in der schematischen Draufsichtdarstellung gemäß
25 Fig. 8 gezeigt ist. Indem diese Detektoren darüber hinaus so angeordnet sind, dass ihre Erfassungsbereiche unmittelbar aneinander angrenzen, gegebenenfalls etwas überlappen, kann die gesamte Oberseite 4 detektiert werden. Mit der Kamera 20 kann darüber hinaus auch ein gewisser
30 Toleranzbereich im Hinblick auf das Streufeld 21 bzw. das

von der Dünnschicht 3 abgestrahlte Streulicht abgedeckt und erfasst werden. Die Inhomogenität wird dann aus der flächigen Aufnahme der Kamera 20 ermittelt.

Geht man davon aus, dass die Schichtdickenschwankung der Dünnschicht 3 innerhalb eines gewissen Toleranzbereichs
5 liegt, kann dann lediglich nur eine derartige Stützstellenmessung durch das erste Subsystem 11a durchgeführt werden. Dadurch reicht somit eine einmalige Ermittlung der Resonanzposition pro Glasplatte und somit pro Substrat 1 mit Dünnschicht 3. Vorteil dieses Systems ist es
10 gerade dahingehend, die hochgenaue Messung einmal durchzuführen und sozusagen einen Schwellwert für die Kamerainspektion zu berechnen, welche dann schnell die gesamte ausgeleuchtete Oberseite 4 der Dünnschicht 3 auf Inhomogenität inspiziert.
15

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der erste Flächenpunkt 14, an dem die Schichtdickenmessung und/oder die Brechzahlmessung durchgeführt wird, entfernt von einem gewissen Randbereich der Oberseite 4 ist. Dies ist deshalb
20 vorteilhaft, da an diesen Randbereichen eine aufgrund der Fertigung der Dünnschicht 3 auftretende Schichtdickenüberhöhung relativ üblich ist.

Das erste Subsystem 11a kann auch aus einer numerischen Simulation zur Ermittlung des Arbeitspunktes bestehen.
25 Bei einer derartigen Ausgestaltung wird dann von einer Probe der Dünnschicht 3 eine entsprechende Schichtdicke und/oder Brechzahl bestimmt und diese als Eingangswerte für eine derartige simulative Weiterberechnung zugrundegelegt. Da die Abbildung der Probe unter einem gewissen
30 Winkel aufgenommen wird, entsteht keine Fokussierung über

die gesamte Probe. Deshalb kann eine Scheimpflug-Optik zur gleichmäßigen Fokussierung zur Hilfestellung herangezogen werden. Vorzugsweise wird die Ermittlung der Schichtdicke und des Brechungsindex vor der Abbildung
5 mittels einer Kamera durchgeführt. Dadurch kann dann durch eventuelle Markierungen genau auf diese aufgenommenen Punkte im Kamerabild korreliert werden (Stützstellen).

Die Steuereinheit 26 ist neben der positionellen Einstellung der Optik 17 und der Kamera 20 auch zur Variation
10 der Wellenlänge des Beleuchtungslichts 18 ausgebildet.

In Fig. 5 ist in einer weiteren schematischen Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Messvorrichtung 11 gezeigt. Im Unterschied zur Darstellung gemäß Fig. 4 ist
15 hier das erste Subsystem 11a unterschiedlich gestaltet. Es weist ebenfalls zwei Messeinheiten 12' und 13' auf, die zusammen ein Ellipsometer bilden. Die Messeinheiten 12' und 13' sind bei dieser Ausführung beide auf der der Oberseite 4 zugewandten Seite der Dünnschicht 3. Im Unterschied zur Ausgestaltung gemäß Fig. 4 erfolgt hier die
20 Detektion nicht senkrecht zur Oberseite 4, sondern in einem gewissen Winkel β . Dabei emittiert die Messeinheit 12' ein polarisiertes Licht, welches auf die Oberfläche 4 eingestrahlt wird. Die Messeinheit 13' stellt eine Polarisationsanalysatoreinheit dar. Damit kann die Polarisations-
25 tion des von der Oberseite 4 wieder in Richtung der Messeinheit 13' abgestrahlten Lichts detektiert und ausgewertet werden.

In Fig. 6 ist in einer schematischen Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Messvorrichtung 11 darge-
30

stellt. Im Unterschied zu den Ausführungen in Fig. 4 und 5 ist hier eine integrale Ausgestaltung der beiden Subsysteme 11a und 11b gegeben.

Die Spektroskopie ist hier in den Aufbau der Streufeldabbildung integriert. Die Spektroskopie betreffend das erste Subsystem 11a nutzt hierbei die reflektierten Strahlen 6 und/oder die transmittierten Strahlen 10 des einfallenden Beleuchtungslichts 18 zur Schichtdickenmessung und/oder Brechungsindexmessung. Wie zu erkennen ist, wird hierbei an einem gemeinsamen Flächenpunkt 19 diese Schichtdickenmessung durchgeführt und darüber hinaus dann auch an dieser Stelle die Streufelddetektion bzw. das an diesem Flächenpunkt 19 erzeugte Streufeld 21 durch die Kamera 20 detektiert. Ohne Verschieben der beiden Subsysteme 11a und 11b zueinander und ohne Verschieben der Dünnschicht 3 mit dem Substrat 1 relativ zur Messvorrichtung 11 kann somit durch die beiden Subsysteme 11a und 11b am gleichen Flächenpunkt der Oberseite 4 die Messung der unterschiedlichen Parameter bzw. deren Werte durchgeführt werden.

In diesem kompakten Aufbau gemäß der Darstellung Fig. 6 kann zusätzlich das Signal zur Bestimmung des Arbeitspunkts kontinuierlich ausgewertet werden, wodurch sich eine Verbesserung der Schichtcharakterisierung ermöglicht.

In Fig. 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Messvorrichtung 11 in schematischer Darstellung gezeigt. Die Ausführung im Hinblick auf die Messung an Flächenpunkten an der Oberseite bzw. der Oberfläche der Dünnschicht 3 ist hier analog zur Ausgestaltung der Fig. 6.

Allerdings ist hier eine Ausgestaltung des Subsystems 11a analog zur Ausgestaltung in Fig. 5 vorgesehen, indem auch hier somit ein Ellipsometer 28 vorgesehen ist. Indem die Optik 17 einen vorgeschalteten Polarisator 29 aufweist, wird das einfallende Beleuchtungslicht 18 entsprechend polarisiert. Das Ellipsometer 28 erfasst darüber hinaus ebenfalls eine vorgeschaltete Polarisationsanalysatoreinheit 30, die beispielsweise ein rotierender Polarisator oder ein rotierender Retarder oder ein elastooptischer Modulator sein kann.

Auch bei der Ausgestaltung in Fig. 7 sind alle Komponenten auf der der Oberseite 4 zugewandten Seite positioniert.

Auch bei dieser Ausführung kann das Signal zur Bestimmung des Arbeitspunktes kontinuierlich ausgewertet werden, und zur Verbesserung der Schichtcharakterisierung eingesetzt werden.

Das abgebildete Feld der oben beschriebenen Aufbauten wird nicht die Größe der inspizierten Paneele des Substrats 1 mit der Dünnschicht 3 erreichen. Um eine vollflächige Abbildung oder wenigstens eine weitgehende Abdeckung der Gesamtfläche zu erreichen, kann die Streufeld-Abbildungseinheit entweder durch eine geeignete Mechanik quer zur Einstrahlrichtung verschoben werden oder aber die Abbildungseinheit wird quer zur Einstrahlrichtung repliziert, wie in Fig. 8 der Draufsichtdarstellung angedeutet ist. Die Sehfelder bzw. Detektionsbereiche sind dabei vorzugsweise so zu wählen, dass sie gerade überlappen und damit einen durchgehenden Streifen auf dem Paneel abdecken.

- 36 -

Bei allen Ausführungen wird somit dann eine flächenhafte
Streufeldabbildung auf die Kamera 20 erzielt. Optional
kann dann noch eine Auswertung einer Qualitätsvariation
anhand von Intensitätsänderungen unter Resonanzbedingun-
5 gen erfolgen.

5

Ansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines elektrischen Parameters einer dünnen Schicht (3) auf einem Träger (1) beschreibenden ersten Parameter,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 die dünne Schicht (3) zumindest bereichsweise über ihre Fläche (4) beleuchtet wird, wobei das Beleuchtungslicht (18) wellenlängenspezifisch unter einem derartigen Winkel (β) auf die dünne Schicht (3) eingestrahlt wird, dass innerhalb der dünnen Schicht (3) zumindest
15 eine optische Resonanzbedingung (7) auftritt, und das unter dieser Resonanzbedingung (7) von der dünnen Schicht (3) abgestrahlte Licht und ein dadurch erzeugtes Streufeld (21) erfasst und ausgewertet wird,
20 wobei abhängig von Änderungen im Streufeld Änderungen des ersten Parameters erkannt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest an einer Stützstelle (14, 19) der dünnen
25 Schicht (3) ein die dünne Schicht (3) beschreibender zweiter Parameter gemessen wird, insbesondere die Schichtdicke (d) und/oder der Brechungsindex, und ab-

hängig davon die optische Resonanzbedingung bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
5 eine optische Resonanzbedingung simulativ ermittelt wird und als Eingangsparameterwert zumindest ein gemessener Parameterwert, insbesondere ein gemessener Wert der Schichtdicke (d) und/oder ein gemessener Wert des Brechungsindex, berücksichtigt wird.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die mit einer periodischen Struktur ausgebildete Dünnschicht (3) in einem mathematischen Modell abgebildet wird und unter Berücksichtigung der gemessenen
15 Eingangsparameterwerte als ein Arbeitspunkt eine Winkelstellung einer Beleuchtungseinrichtung (15, 16, 17) und einem Detektor (20) zur Aufnahme des Streufelds (21) relativ zur Dünnschicht (3) unter Berücksichtigung der Wellenlänge des Beleuchtungslichts
20 (18) bestimmt wird, wobei bei diesem Arbeitspunkt eine ermittelte optische Resonanzbedingung erfüllt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 die Messung der Schichtdicke (d) und/oder des Brechungsindex an einer Stützstelle (14, 19) diskret erfolgt, insbesondere vor der Streufelddetektion durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Messung der Schichtdicke (d) und/oder des Bre-
chungsindex während der Streufelddetektion durchge-
führt wird, insbesondere während der Streufelddetek-
tion kontinuierlich durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bestimmung eines die Dünnschicht (3) beschreiben-
den zweiten Parameters mit einem ersten Subsystem
(11a) einer Messvorrichtung (11) zum Bestimmen eines
eine elektrische Eigenschaft einer Dünnschicht (3)
auf einem Träger (1) beschreibenden ersten Parameter
durchgeführt wird und die Streufelddetektion mit ei-
nem zweiten Subsystem (11b) der Messvorrichtung (11)
durchgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
mit dem ersten Subsystem (11a) die Dünnschicht (3)
von einer ersten Seite (4) mit Beleuchtungslicht be-
leuchtet wird, das Reflexionslicht erfasst wird
und/oder an der gegenüberliegenden Seite der Dünnschicht (3) das Transmissionslicht detektiert wird
und abhängig von dem Reflexionslicht und/oder dem
Transmissionslicht die Schichtdicke (d) und/oder der
Brechungsindex bestimmt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass

- 40 -

mit dem ersten Subsystem (11a) die Dünnschicht (3) durch ein Ellipsometer (12', 13') mit polarisiertem Licht beleuchtet wird, wobei auf der gleichen Seite eine Polarisationsanalysatoreinheit (13') angeordnet ist, welche aus dem Reflexionslicht die Polarisation des Lichts bestimmt und abhängig davon die Schichtdicke (d) und/oder der Brechungsindex bestimmt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Subsysteme (11a, 11b) so angeordnet werden, dass keine gleichzeitige Messung der Schichtdicke (d) und/oder des Brechungsindex durch das erste Subsystem (11a) an einem ersten Flächenpunkt (14) der Dünnschicht (3) und eine Streufelddetektion an diesem ersten Flächenpunkt (14) durch das zweite Subsystem (11b) ohne Verschieben des Trägers (1) relativ zur Messvorrichtung (11) und ohne Verschieben der Subsysteme (11a, 11b) relativ zueinander durchgeführt werden kann.

11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Subsystem (11a, 11b) in einem System integriert werden und an einem gleichen Flächenpunkt (19) der Dünnschicht (3) eine Messung der Schichtdicke (d) und/oder des Brechungsindex und eine Streufelddetektion ohne Verschieben des Trägers (1) relativ zur Messvorrichtung (11) und ohne Verschieben der Subsysteme (11a, 11b) relativ zueinander durchgeführt werden kann.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Dünnschicht (3) zur Messung des Streufelds (21)
relativ zur Messvorrichtung (11) verschoben wird.
- 5 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Messung des Streufelds (21) in höherer Ordnung,
insbesondere erster Ordnung, der optischen Resonanz-
bedingung durchgeführt wird.
- 10 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
als optische Resonanzbedingung eine Fabry-Perot-
Resonanz und/oder eine Plasmonen-Resonanz zugrunde
gelegt wird.
- 15 15. Messvorrichtung (11) zum Bestimmen eines eine elekt-
rische Eigenschaft einer Dünnschicht (3) auf einem
Träger (1) beschreibenden ersten Parameter,
welche eine Beleuchtungseinrichtung (15, 16, 17) auf-
weist, mit welcher die Dünnschicht (3) zumindest be-
reichsweise über ihre Fläche (4) beleuchtet wird,
20 und eine Steuer- und Auswerteeinheit (26, 27) auf-
weist, welche zur Steuerung der Position der Beleuch-
tungseinrichtung (15, 16, 17) ausgebildet ist und mit
welcher die Beleuchtungseinrichtung (15, 16, 17) ab-
25 hängig von ausgewerteten Signalen örtlich so zur
Dünnschicht (3) positionierbar ist, dass das Beleuch-
tungslicht (18) mit seiner Wellenlänge unter einem
derartigen Winkel (β) auf die Dünnschicht (3) ein-
strahlbar ist, dass innerhalb der Dünnschicht (3) zu-

- 42 -

mindest eine optische Resonanzbedingung (7) auftritt,
und das unter dieser Resonanzbedingung (7) von der
Dünnschicht (3) abgestrahlte Licht und ein dadurch
erzeugtes Streufeld (21) erfassbar und auswertbar
5 ist, wobei abhängig von Änderungen im Streufeld (21)
Änderungen des ersten Parameters erkennbar sind.

1/3

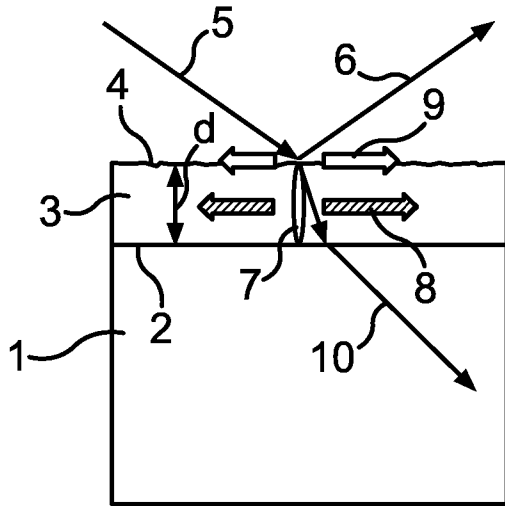


Fig.1

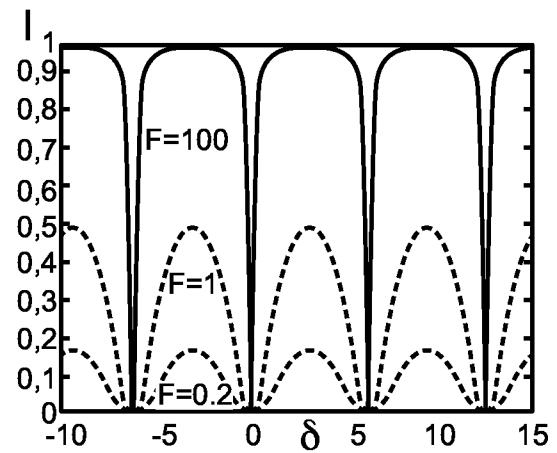


Fig.2

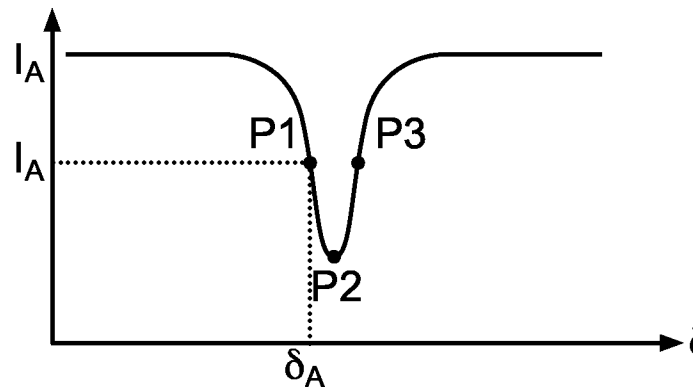


Fig.3

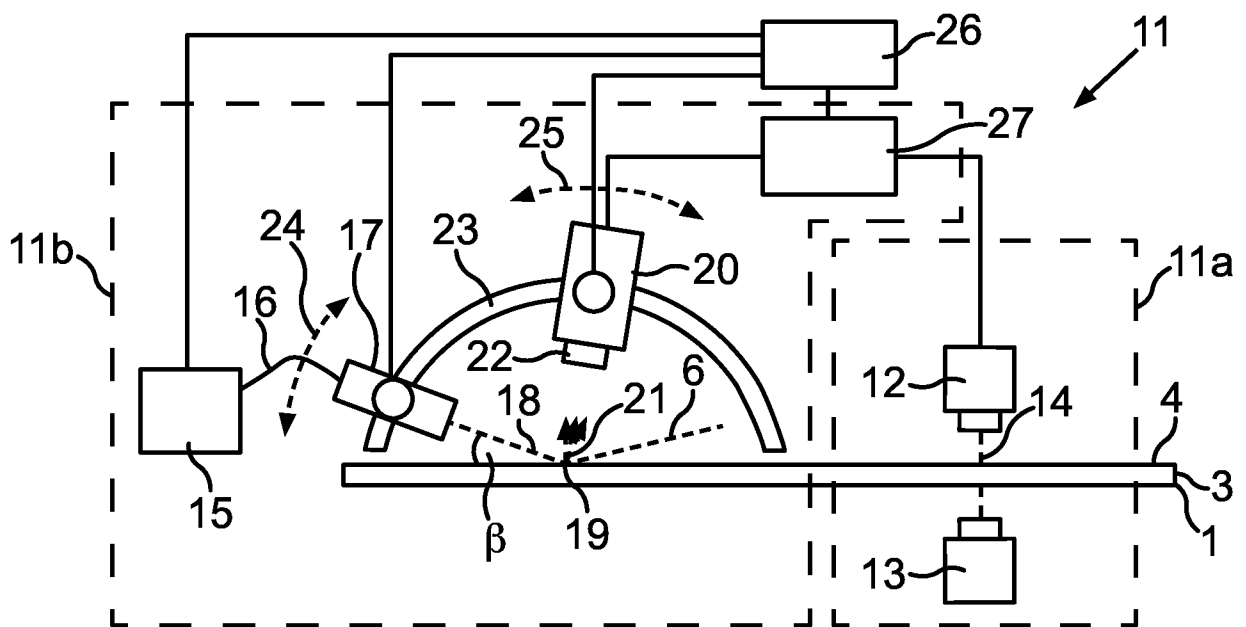


Fig.4

2/3

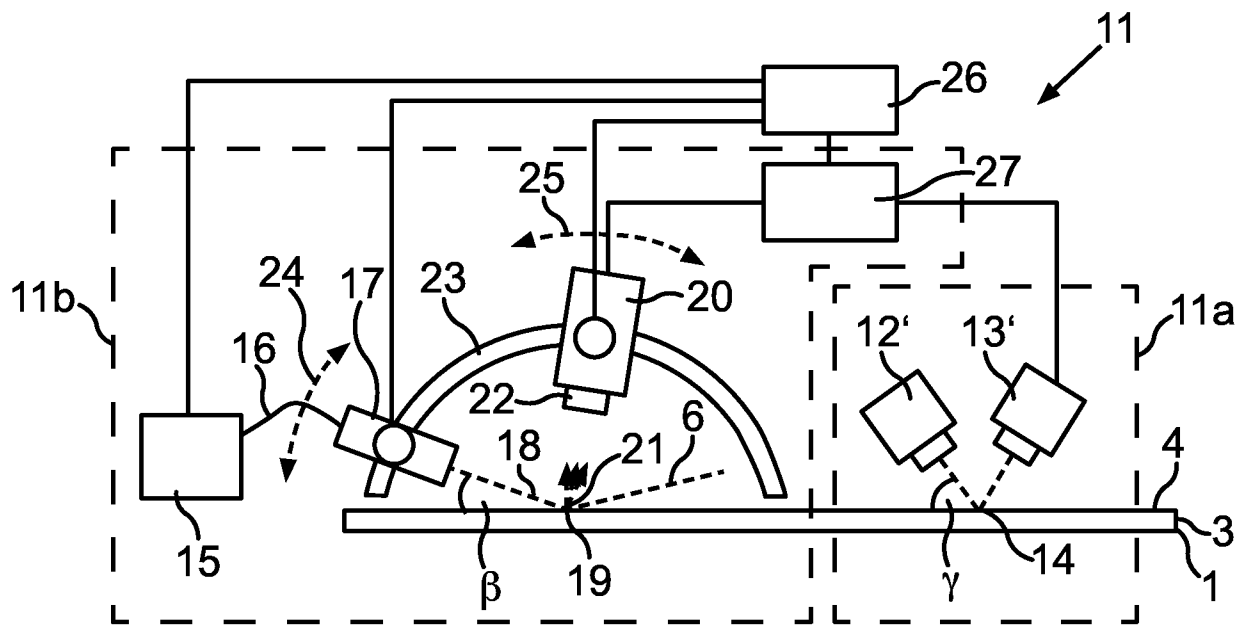


Fig.5

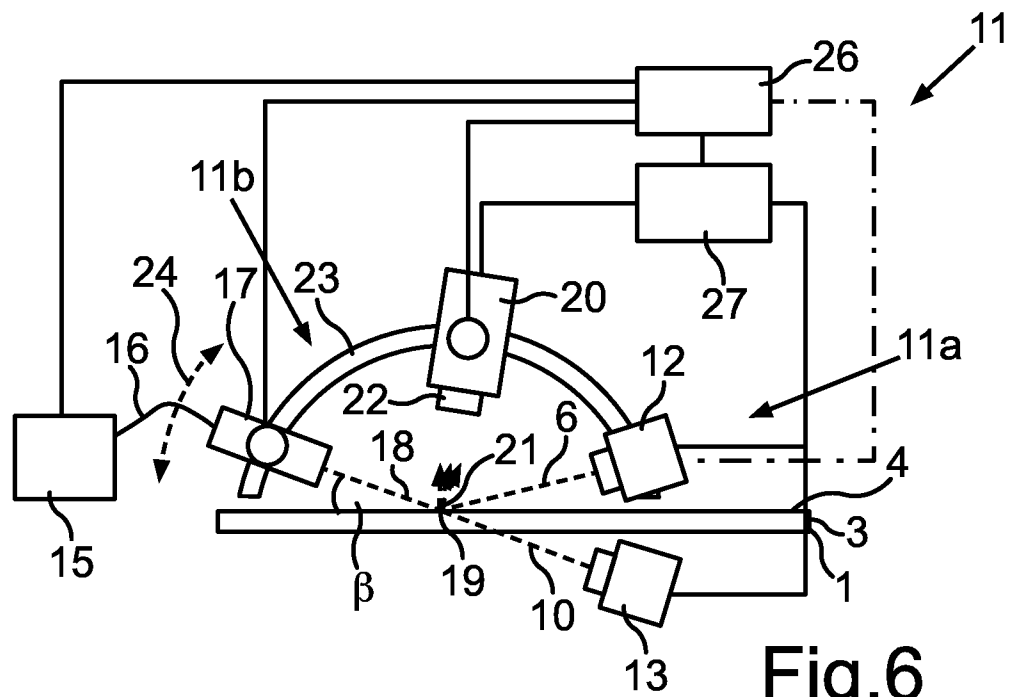


Fig.6

3/3

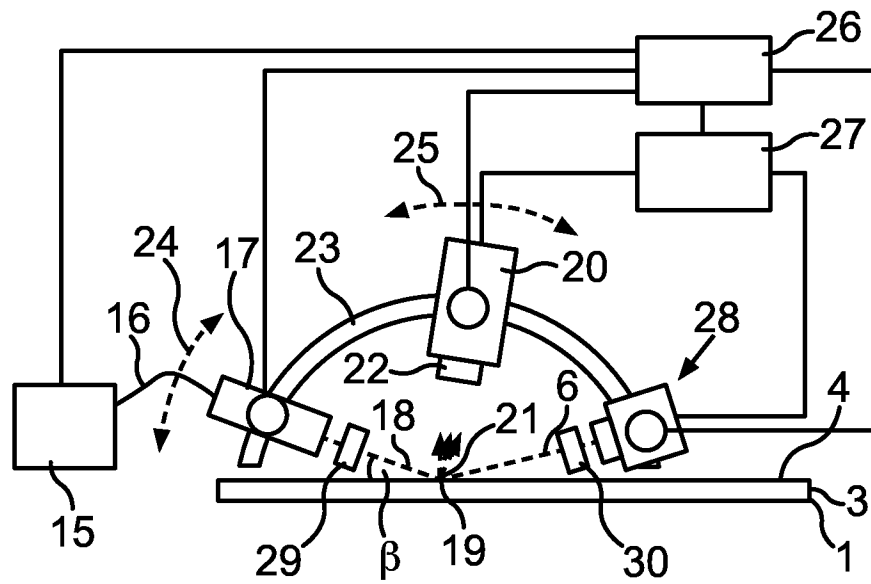


Fig.7

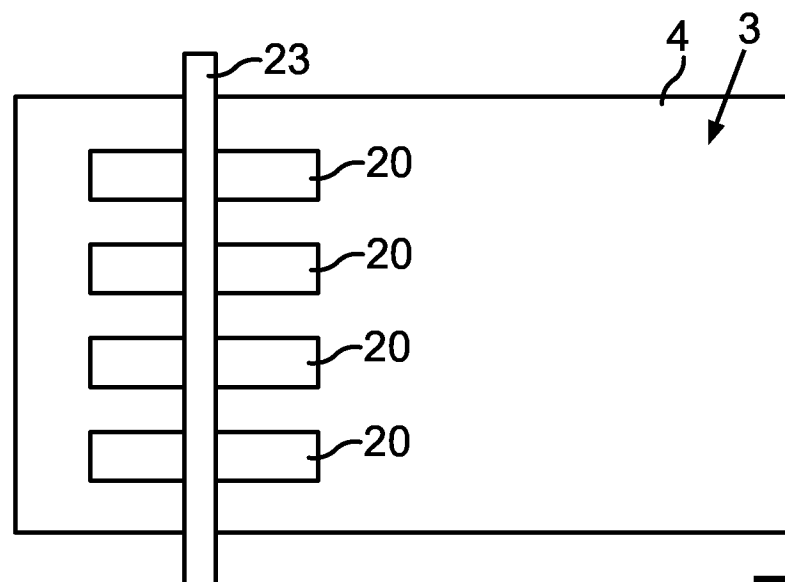


Fig.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/062672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N21/55
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)
G01N

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	W. WEBER ET AL: "Surface-plasmon resonance as a sensitive optical probe of metal-film properties", PHYSICAL REVIEW B, vol. 12, no. 12, 1 December 1975 (1975-12-01), pages 5643-5650, XP55010863, ISSN: 0556-2805, DOI: 10.1103/PhysRevB.12.5643	1-3,5-8, 10-12, 14,15
Y	page 5644, column 2 - page 5645, column 1; figures 1, 7 ----- -/--	4,9,13



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 document 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

4 November 2011

Date of mailing of the international search report

15/11/2011

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

Mason, William

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/062672

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EAGEN C F ET AL: "Modulated surface plasmon resonance for adsorption studies", JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY USA, vol. 16, no. 2, March 1979 (1979-03), page 483, XP002662511, ISSN: 0022-5355 abstract	1-15
A	HAYASHI S ET AL: "Light scattering study of surface plasmon resonances in very thin silver films", OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 36, no. 3, 1 February 1981 (1981-02-01), pages 195-199, XP024506825, ISSN: 0030-4018, DOI: 10.1016/0030-4018(81)90356-4 [retrieved on 1981-02-01] figure 1	1-15
A	ALAVERDYAN YURY ET AL: "Spectral and angular distribution of Rayleigh scattering from plasmon-coupled nanohole chains", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, vol. 94, no. 2, 14 January 2009 (2009-01-14), pages 21112-21112, XP012118566, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.3070520 figure 1	1-15
A	FONTANA E ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "ANALYSIS OF OPTICAL SURFACES BY MEANS OF SURFACE PLASMON SPECTROSCOPY", 1995 IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE. IMTC/95. WALTHAM, MA., APR. 23 - 26, 1995; [PROCEEDINGS OF THE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE. (IMTC)], NEW YORK, IEEE, US, 23 April 1995 (1995-04-23), pages 163-168, XP000534843, ISBN: 978-0-7803-2616-3 figures 1-2	1-15
Y	US 2005/057754 A1 (SMITH DAVID E A [US] ET AL) 17 March 2005 (2005-03-17) paragraph [0017]	9
	-/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/062672

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/246485 A1 (IMANI BEHZAD [US] ET AL) 9 December 2004 (2004-12-09) paragraph [0009] -----	4,13
A	US 7 088 449 B1 (BRONGERSMA MARK L [US]) 8 August 2006 (2006-08-08) figure 1 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/062672

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005057754	A1	17-03-2005	NONE
US 2004246485	A1	09-12-2004	NONE
US 7088449	B1	08-08-2006	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N21/55
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01N

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, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	W. WEBER ET AL: "Surface-plasmon resonance as a sensitive optical probe of metal-film properties", PHYSICAL REVIEW B, Bd. 12, Nr. 12, 1. Dezember 1975 (1975-12-01), Seiten 5643-5650, XP55010863, ISSN: 0556-2805, DOI: 10.1103/PhysRevB.12.5643	1-3,5-8, 10-12, 14,15
Y	Seite 5644, Spalte 2 - Seite 5645, Spalte 1; Abbildungen 1, 7 ----- -/--	4,9,13



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" älteres Dokument, 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 anderen 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

4. November 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/11/2011

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

Mason, William

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EAGEN C F ET AL: "Modulated surface plasmon resonance for adsorption studies", JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY USA, Bd. 16, Nr. 2, März 1979 (1979-03), Seite 483, XP002662511, ISSN: 0022-5355 Zusammenfassung -----	1-15
A	HAYASHI S ET AL: "Light scattering study of surface plasmon resonances in very thin silver films", OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 36, Nr. 3, 1. Februar 1981 (1981-02-01), Seiten 195-199, XP024506825, ISSN: 0030-4018, DOI: 10.1016/0030-4018(81)90356-4 [gefunden am 1981-02-01] Abbildung 1 -----	1-15
A	ALAVERDYAN YURY ET AL: "Spectral and angular distribution of Rayleigh scattering from plasmon-coupled nanohole chains", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, Bd. 94, Nr. 2, 14. Januar 2009 (2009-01-14), Seiten 21112-21112, XP012118566, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.3070520 Abbildung 1 -----	1-15
A	FONTANA E ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "ANALYSIS OF OPTICAL SURFACES BY MEANS OF SURFACE PLASMON SPECTROSCOPY", 1995 IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE. IMTC/95. WALTHAM, MA., APR. 23 - 26, 1995; [PROCEEDINGS OF THE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE. (IMTC)], NEW YORK, IEEE, US, 23. April 1995 (1995-04-23), Seiten 163-168, XP000534843, ISBN: 978-0-7803-2616-3 Abbildungen 1-2 -----	1-15
Y	US 2005/057754 A1 (SMITH DAVID E A [US] ET AL) 17. März 2005 (2005-03-17) Absatz [0017] ----- -/--	9

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2004/246485 A1 (IMANI BEHZAD [US] ET AL) 9. Dezember 2004 (2004-12-09) Absatz [0009] -----	4,13
A	US 7 088 449 B1 (BRONGERSMA MARK L [US]) 8. August 2006 (2006-08-08) Abbildung 1 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/062672

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005057754	A1	17-03-2005	KEINE
US 2004246485	A1	09-12-2004	KEINE
US 7088449	B1	08-08-2006	KEINE