



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 021 072 A1** 2009.10.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 021 072.2**

(22) Anmeldetag: **26.04.2008**

(43) Offenlegungstag: **29.10.2009**

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

(71) Anmelder:

SAINT-GOBAIN SEKURIT Deutschland GmbH & Co. KG, 52066 Aachen, DE

(74) Vertreter:

**Lendvai, T., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat, Pat.-Ass.,
 52134 Herzogenrath**

(72) Erfinder:

**Grünert, Jan, Dr., 21129 Hamburg, DE; Scholen,
 Hans-Jürgen, 52152 Simmerath, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

US	62 00 665	B1
DE	102 57 972	B3
EP	05 24 092	B2

**JP 2003-262 553 A (mit PAJ und
 Online-Übersetzung)**

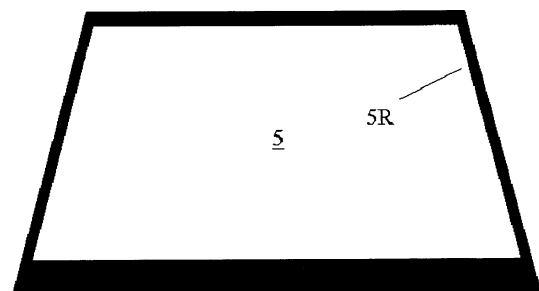
**Feingold, J.M. et al.: Stress relief - New PC-Based
 Scanners Improve Quality and Productivity for
 Glass Fabricators. International Glass Review,
 Issue 1-2003, S. 63-66**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Messen von Kanten- oder Randspannungen in Glasscheiben**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen oder Bewerten von Kanten- oder Randspannungen in Glasscheiben nach einer Wärmebehandlung unter Verwendung einer Vorrichtung, die bei Messvorgängen polarisiertes Licht in das Glas einstrahlt, wobei Änderungen der Polarisierung dieses Lichts innerhalb des Glasvolumens erfassbar und zum Darstellen von im Glas vorhandenen Spannungen auswertbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ohne Kontakt mit der Glasoberfläche entlang einer vorgegebenen, an den Verlauf der Kante (5R) der Glasscheiben (5) angepassten Bahn bewegt wird und so gesteuert wird, dass sie entlang dieser Bahn eine definierte Anzahl von Messungen und/oder Bewertungen ausführt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Messen von Kanten- oder Randspannungen in Glasscheiben nach einer thermischen Behandlung, insbesondere nach einem Biegevorgang, bei dem die Glasscheiben in den Bereich ihrer Erweichungstemperatur, ggf. darüber hinaus erhitzt werden. Sie bezieht sich auch auf entsprechende Vorrichtungen.

[0002] Speziell bei nicht insgesamt vorgespannten Glasscheiben, die zu einem Scheibenverbund (Verbund sicherheitsglas) weiterverarbeitet werden sollen, werden entlang deren Kanten oder Rändern gezielt bleibende Randspannungen erzeugt, damit diese Scheiben während ihrer Weiterverarbeitung und Montage sowie im Einbauzustand weniger anfällig gegen von ihrem Rand ausgehende Risse bzw. Brüche sind. Dieses sowohl für ebene als auch für gebogene Glasscheiben relevante Problem wurde bereits mannigfaltig abgehandelt, wie im Folgenden anhand einiger Beispiele erörtert wird.

[0003] Solche Randspannungen werden vergleichbar mit dem ganzflächigen Vorspannen von Glasscheiben dadurch erzeugt, dass insbesondere zur Weiterverarbeitung in Verbundglas vorgesehene Glasscheiben nach dem Erhitzen und Biegen an ihrem Umfangsrand beschleunigt so abgekühlt werden, dass sich ein umlaufender Rahmen von Druckspannungen bildet. Diese beschleunigte Abkühlung tritt in den meisten Fällen ohne weiteres Zutun dadurch ein, dass Rand- und Oberflächenbereiche schneller abkühlen als der Großteil der Glasmasse.

[0004] Dieses beschleunigte Kühlen kann aber auch durch Konvektion beim Aufblasen von kaltem Gas, insbesondere von Luft, verstärkt werden. Es ist auch möglich, den Rand von Glasscheiben mit einem Kühlring in Kontakt zu bringen, dessen Temperatur deutlich unter der Temperatur der Glasscheibe und der Umgebung liegt.

[0005] DE 102 57 972 B3 beschreibt schließlich ein Verfahren zum Einbringen von Kantendruckspannungen in Glasscheiben, bei dem ein Kühlring der Glaskante lediglich angenähert wird, ohne sie indessen zu berühren.

[0006] Die Randspannungen bilden in graphischer Darstellung ein typisches Profil, wenn man sie in einem gedachten Schnitt senkrecht zur Glaskante in die Glasfläche hinein betrachtet. Geht man von der üblichen Darstellung von Druckspannungen als negativ und von Zugspannungen als positiv aus, so beginnt dieses Profil an der Glaskante im negativen (Druck-) Spannungsbereich. Es steigt mit abnehmender Druckspannung an und schneidet bei Null-Spannung die x-Achse, auf der die Länge oder Tiefe des gedachten Schnitts senkrecht zur Glaskante aufge-

tragen ist, um im positiven (Zug-) Spannungsbereich weiter zu verlaufen und sich zuletzt wieder der besagten Null-Spannung anzunähern (in dem im Idealfall spannungsfreien Bereich des Glases).

[0007] Es ist möglich und notwendig, dieses Profil zu messen. Dabei sollen insbesondere Inhomogenitäten und lokal unzureichende Druckspannungen und erhöhte Zugspannungen entlang der Glasscheibenkante gefunden werden. Es gibt auch Grenzwerte nach oben und unten, innerhalb deren sich diese Spannungen befinden sollten, weil außerhalb des eingegrenzten Bereichs das Schadenrisiko erhöht ist.

[0008] Unter dem Handelsnamen „Edge Master“ sind Messgeräte bekannt (s. auch <http://www.vi-seng.com/products/index.html>, oder http://www.glassphotonics.com/products/quality_control/edge_master/applications.html, Stand April 2008), mit denen eine teilautomatische Aufnahme von Randspannungswerten von Glasscheiben möglich ist. Teilautomatisch bedeutet hier, dass diese Geräte von Hand an verschiedenen Punkten der Glasscheibenkanten bzw. auf kanten nahen Oberflächen aufgesetzt werden müssen. Sodann wird mithilfe von polarisiertem Licht unter Nutzung des photoelastischen Effekts in Reflexion eine Bildaufnahme erzeugt, die eine Aussage über die Spannungsverteilung und/oder über den Verlauf des vorerwähnten Spannungsprofils ermöglicht. Es ist bei diesem -insbesondere durch das mehrfache manuelle Um- und Aufsetzen- verhältnismäßig langsamen Vorgehen aber nicht auszuschließen, dass eine Spannungsschwäche gerade zwischen zwei gemessenen Punkten liegt. Das Aufsetzen des Geräts und der Kontakt mit der Glaskante sind erforderlich, damit stets ein genau gleicher Abstand des optischen Aufbaus von der Glasoberfläche, eine Ausrichtung relativ zur Glaskante und ein bestimmter Einfallswinkel des polarisierten Prüflichts sichergestellt ist. Außerdem sollen so auch Fremdlichteinflüsse weitestgehend ausgeschlossen werden. Es werden dazu üblicherweise Stichproben aus einer Glasscheiben-Serienproduktion genommen.

[0009] Die eigentliche Messtechnik wird hier als bekannt vorausgesetzt und ist auch nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung.

[0010] Anwendungsbeispiele der bekannten Geräte, auch mit Darstellungen der bereits geschilderten Spannungsverläufe, sind über http://www.glassphotonics.com/applications/automotive/wind_edge_stress.html für Verbundgläser, sowie für vorgespannte Gläser über http://www.glassphotonics.com/applications/automotive/sidelite_backlite_es.html, ebenfalls Stand April 2008, verfügbar.

[0011] Eine Besonderheit an diesen Geräten ist jedenfalls, dass sie auch am Rand von Glasscheiben, die in der üblichen Weise mit einem opakem Randstreifen bedruckt sind, die inneren Spannungen im Glas in einer Reflexbildaufnahme darstellen und aufzeichnen können. Das polarisierte Licht aus dem auf die Scheibenoberfläche aufgesetzten Gerät durchdringt das Glas bis zu dem besagten opakem Randstreifen (in welcher Ebene einer Verbundscheibe er auch liegen mag) und wird dort teilweise reflektiert. Aus der Änderung der Polarisierung nach Durchlaufen des Glases gegenüber dem Ausgangszustand lässt sich direkt auf die im bis zum opakem Bereich durchschienenen Glas vorherrschenden Spannungen schließen. Bei Scheiben ohne opakem Randstreifen kann dieser durch eine geeignete opake Fläche jenseits des durchschienenen Glases ersetzt werden, um auch diese Scheiben messen zu können

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ausgehend von den handgeführten Geräten ein höher mechanisiertes Verfahren zum Messen von Spannungen, insbesondere von Randspannungen, in thermisch behandelten Glasscheiben zu schaffen sowie eine insbesondere zum Durchführen des Verfahrens geeignete Vorrichtung zu schaffen.

[0013] Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Merkmale der dem unabhängigen Anspruch jeweils nachgeordneten Unteransprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen dieser Anspruchsgegenstände an.

[0014] Weitere Einzelheiten und Vorteile des Gegenstands der Erfindung gehen aus der Zeichnung eines Ausführungsbeispiels in Gestalt einer Fahrzeug-Windschutzscheibe und deren sich im folgenden anschließender eingehender Beschreibung hervor.

[0015] Es zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung

[0016] [Fig. 1](#) eine Ausführungsform einer transparenten Scheibe (5) mit Bedruckung und mit einer Kante (5R),

[0017] [Fig. 2](#) einen Querschnitt durch eine beschichtete Doppelglasscheibe.

[0018] Indem man ein an sich bekanntes Messgerät zum Erstellen von spannungsoptischen Bildern mithilfe einer (vorzugsweise) automatisierten Führungseinrichtung ohne Berührung der Glasscheibe, jedoch stets unter Beibehaltung des korrekten (für alle Messpunkte gleichen) Lichteinfallswinkels, Drehwinkels und Abstandes, an einer Kante der zu untersuchenden Glasscheiben entlang führt, lässt sich in verkürzter Zeit eine sehr viel gründlichere Untersuchung der

Glasscheibe auf Spannungsfehler durchführen.

[0019] Es versteht sich, dass man dieses Verfahren auch ausführen könnte, indem man die Glasscheibe selbst beweglich lagert und ihre Kante an der feststehenden oder ruhenden Messvorrichtung entlang bewegt. Diese Variante soll nicht ausgeschlossen werden, sondern wird als im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegend angesehen. Allerdings besteht bei nicht ruhender Glasscheibe immer das Risiko, dass äußere Einflüsse (statisch – Schwerkraft und/oder dynamisch – Schwingungen aus der Bewegungsführung) die erfassten Spannungen beeinflussen, so dass diese Variante eher von sekundärer Bedeutung bleiben wird.

[0020] Dass die modifizierte Vorrichtung beim erfindungsgemäßen Verfahren die Glasoberfläche nicht berührt, hat mindestens zwei wesentliche Auswirkungen. Einerseits wird damit jegliche Beschädigung der (eventuell noch fabrikneuen) Glasscheiben-Oberfläche beim Mess- oder Nachprüfvorgang vermieden, andererseits wird auch jegliche Beeinträchtigung oder Veränderung der tatsächlich in der Glasscheibe eingefrorenen Spannungen vermieden. Bei manuellem Aufsetzen des Geräts kann es nämlich infolge zusätzlicher mechanischer Belastung des Glases zu nicht reproduzierbaren Verfälschungen der Messwerte kommen.

[0021] Andererseits werden geeignete Maßnahmen zu treffen sein, mit denen der Lichteinfallswinkel zur Tangente an die Glasoberfläche, die Ausrichtung des Messkopfes in Rotation um eine Achse senkrecht zur Glasoberfläche und sein Abstand zur Glaskante an jedem Messpunkt gleich gehalten und der Einfall von ggf. störendem Fremdlicht vermieden wird.

[0022] Man wird das Messgerät ganz bevorzugt mithilfe eines Roboters an dem Scheibenumfang entlang führen und dabei eine Vielzahl von Messaufnahmen machen. Dem Roboter kann die individuelle Scheibenform über elektronisch gespeicherte Konstruktionsdaten zugeführt werden, die im Herstellerwerk verfügbar sind. Ein Abgleich dieser „idealen“ Daten mit der davon aufgrund von produktionsbedingten Maßabweichungen verschiedenen realen Form der Scheibe kann mithilfe der Optik des Messgeräts erreicht werden, die in gewissen Grenzen einen Ausgleich schafft. Insbesondere „erkennt“ diese Optik die wahre Lage der Scheibenkante an dem „plötzlichen“ Vorhandensein eines die Änderung der Polarisierung des abgestrahlten Lichts bewirkenden Substrats. Dies lässt mittels geeigneter Auswerteschaltungen und ggf. Nachregelung der Roboterposition auch eine hinreichend genaue Positionierung des Messgeräts an der Scheibenkante zu. Es kommt letztlich darauf an, dass in jeder Momentaufnahme des Messgerätes zuverlässig ein virtueller Schnitt mit definierter Länge von der Scheibenkante zur Schei-

benmitte hin erfasst wird, so dass jede Aufnahme denselben Entwicklungsbereich der Randspannung ausgehend von Druck- über Null- zu Zugspannung und deren Abklingen zeigt. Letzterer Abklingbereich interessiert bei nicht vorgespannten Scheiben ohnehin nur am Rande.

[0023] Dass es sich um eine Untersuchung am Rand der jeweiligen Glasscheibe handelt, kommt noch der Genauigkeit der Ausrichtung des Einfallswinkels zugute. Gerade an ihrem Rand folgen gebogene Glasscheiben (für den Einsatz in Fahrzeugkarosserien) am genauesten einer durch Konstruktionsdaten vorgegebenen Sollform. Somit kann dem Roboter die jeweilige Ausrichtung der Messvorrichtung anhand der für alle Messorte bekannten oder berechenbaren räumlichen Positionen und Tangentiallage auf der Glasoberfläche recht genau ohne weitere (berührende) Führungsmittel vorgegeben werden. Damit lässt sich eine sehr hohe Reproduzierbarkeit der gemessenen Spannungswerte erzielen, d. h. Abweichungen von Messungen an einer einzigen Scheibe bei Wiederholungsmessungen halten sich mit diesem Verfahren in engen Grenzen.

[0024] Derartige Roboter sind als solche ebenfalls bekannt und werden in der Glasindustrie beispielsweise auch zum Ausstatten von Glasscheiben mit entlang deren Kanten extrudierten Kunststoffsträngen verwendet (vgl. z. B. EP 0 524 092 B2). Dort werden allerdings normalerweise mechanische (Rollen- oder Gleit-)Führungen vorgesehen, um die vom Roboter geführte Extrusionsdüse stets auf dem richtigen Kurs zu halten. Eine solche mechanische Führung ist bei der vorliegenden Erfindung nicht zweckmäßig, weil auch sie die gemessenen Spannungswerte verfälschen könnte.

[0025] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kommt es weniger auf eine Aufzeichnung des Gesamtspannungsverlaufes als vielmehr auf das Feststellen von unerwünschten Abweichungen an. Letztlich sollen die Rand- oder Kantenspannungen innerhalb einer zulässigen Bandbreite liegen, und sollen Glasscheiben, deren Randspannungen außerhalb dieser Bandbreite liegen, wegen erhöhten Schadenrisikos ausgemustert werden. Deshalb werden nach einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Weiterbildung vorzugsweise die erfassten Spannungswerte schon während des Durchlaufs ausgewertet. Man kann nämlich an sich die Spannungserfassung schon dann abbrechen, wenn während des Abfahrens einer Scheibenkante ein signifikantes Abweichen eines Spannungswertes von den Vorgaben erfasst wird. Diese Glasscheibe wird dann zu verschrotten und/oder der Wiederverwertung zuzuführen sein.

[0026] Zugleich wird damit die zu verarbeitende Datenmenge reduziert. Es müssen nicht alle Spannungswerte aufgezeichnet werden, sondern es inter-

essieren in der Fertigung an sich nur die Extremwerte. Nach einer Weiterbildung des Verfahrens werden somit in der Art eines Schieberegisters immer nur die jeweils höchsten oder niedrigsten Werte der Spannungen festgehalten, während die ohnehin im Toleranzbereich liegenden Werte nicht dauerhaft gespeichert werden.

[0027] Dies hindert jedoch nicht, bei Bedarf auch ein vollständiges Spannungsbild einer Scheibe zu erzeugen, das beispielsweise zum detaillierten Dokumentieren von Prototypen und/oder von Stichproben aus einer laufenden Produktion verwendet werden kann.

[0028] Für die Aufnahme der Spannungswerte können noch weitere Randbedingungen von Bedeutung sein. Hierzu gehört die Forderung, dass die zu messende Scheibe während des Messvorgangs so spannungsneutral wie möglich fixiert werden sollte, damit sich nicht unter Schwerkraftwirkung verfälschende Biegespannungen aufbauen können. Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, dass die Scheibe entlang ihres gesamten Umfangs möglichst passgenau aufgelegt wird; eine enge Abfolge von Punkten kann allerdings dabei eine linienförmige oder kontinuierliche Auflage ersetzen.

[0029] Eine weitere Arbeitsbedingung kann sein, dass das vom Messgerät ausgestrahlte Licht reflektiert werden muss, so dass die Änderung der Polarisierung des Lichtes bei zweimaligem Durchlaufen der Glasmasse erzeugt wird. Diese Reflexion kann bei Einzelscheiben ebenso wie bei übereinander liegenden Doppelscheiben erreicht werden. Speziell wird sie jeweils an einer nicht lichtdurchlässigen Bedruckung der Glasscheiben in deren Randbereich bewirkt.

[0030] Eine solche opake Bedruckung ist bei üblichen Fahrzeug-Glasscheiben ohnehin vorgesehen, wobei sie in einer Verbundscheibe entweder auf der im Einbauzustand inneren Seite (auch Seite **4** genannt) oder auf der im Verbundinneren liegenden Hauptfläche der äußeren Scheibe (Seite **2**) angeordnet ist (siehe [Fig. 1](#)). Die Bedruckung wird in den meisten Fällen durch Aufdrucken und Einbrennen einer gefärbten Siebdruckpaste hergestellt. Sie dient dem optischen Kaschieren eines randseitigen Klebestrangs und dessen Schutz gegen UV-Einstrahlung mit Versprödungswirkung. In Verbundscheiben mit elektrischen Einbauteilen (Heizung, Antenne, Sensoren) werden unter dieser Bedruckung auch elektrische Zuleitungen („Sammelleiter“, „busbars“) optisch kaschiert. Die im Zusammenhang mit der Erfindung stehende, an sich bekannte Messtechnik macht sich das Vorhandensein dieser Bedruckung als dunklen, zumindest teilweise reflektierenden Hintergrund zunutze. Es wird von Vorteil sein, auch den weiteren Hintergrund im transparenten Messbereich der zu untersuchenden Verbundglasscheiben dunkel und

kontrastarm zu halten.

[0031] In diesen Fällen sollten natürlich auch alle Auflagen, auf denen die zu untersuchende Glasscheibe ruht, verdeckt sein, und vorzugsweise randnah unter der opaken Bedruckung liegen.

[0032] Weitere Einzelheiten und Vorteile des Gegenstands der Erfindung gehen aus der Zeichnung eines Ausführungsbeispiels im Umfeld einer Biegevorrichtung und deren sich im folgenden anschließender eingehender Beschreibung hervor.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10257972 B3 [\[0005\]](#)
- EP 0524092 B2 [\[0024\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- <http://www.viseng.com/products/index.html> [\[0008\]](#)
- http://www.glassphotonics.com/products/quality_control/edge_master/applications.html, Stand April 2008 [\[0008\]](#)
- http://www.glassphotonics.com/applications/automotive/wind_edge_stress.html [\[0010\]](#)
- http://www.glassphotonics.com/applications/automotive/sidelite_backlite_es.html, ebenfalls Stand April 2008 [\[0010\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen oder Bewerten von Kanten- oder Randspannungen in Glasscheiben nach einer Wärmebehandlung unter Verwendung einer Vorrichtung, die bei Messvorgängen polarisiertes Licht in das Glas einstrahlt, wobei Änderungen der Polarisierung dieses Lichts innerhalb des Glasvolumens erfassbar und zum Darstellen von im Glas vorhandenen Spannungen auswertbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ohne Kontakt mit der Glasoberfläche entlang einer vorgegebenen, an den Verlauf der Kante (**5R**) der Glasscheiben (**5**) angepassten Bahn bewegt wird und so gesteuert wird, dass sie entlang dieser Bahn eine definierte Anzahl von Messungen und/oder Bewertungen ausführt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass entlang der Bahn eine Anzahl von Messungen pro Zeiteinheit und/oder pro Wegstrecke ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte der Spannungen anhand einer vorgegebenen zulässigen Bandbreite bewertet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewertung der Spannungsmesswerte eine automatische Folgereaktion (Qualitätseinstufung ?) mit Auswirkungen auf das Messobjekt auslöst.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils aus einer Messreihe nur diejenigen Messwerte gespeichert werden, die am nächsten an den Grenzen der zulässigen Bandbreite liegen und/oder die pro definierter Strecke entlang der Glaskante die Extremwerte der Randspannungen darstellen.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Glasscheibe während des Messvorgangs spannungsneutral aufgelagert wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Glasscheibe während des Messvorgangs entlang ihrem Rand und bei Bedarf in ihrem Zentrum abgestützt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Kanten der Glasscheibe in einem im Wesentlichen kontinuierlichen Durchlauf der Vorrichtung abgefahren werden.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mittels eines programmgesteuerten Roboters entlang der Bahn geführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Glasscheibe in dem randseitigen Messbereich auf ihrer vom Lichteinfall abgewandten Hauptfläche mit einer lichtundurchlässigen Bedruckung versehen ist, und dass an dieser Bedruckung das eingestrahlte polarisierte Licht wenigstens teilweise reflektiert wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Glasscheibe während des Messvorgangs vor einem einfarbigen, insbesondere schwarzen und nicht reflektierenden Hinter- oder Untergrund ruht.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

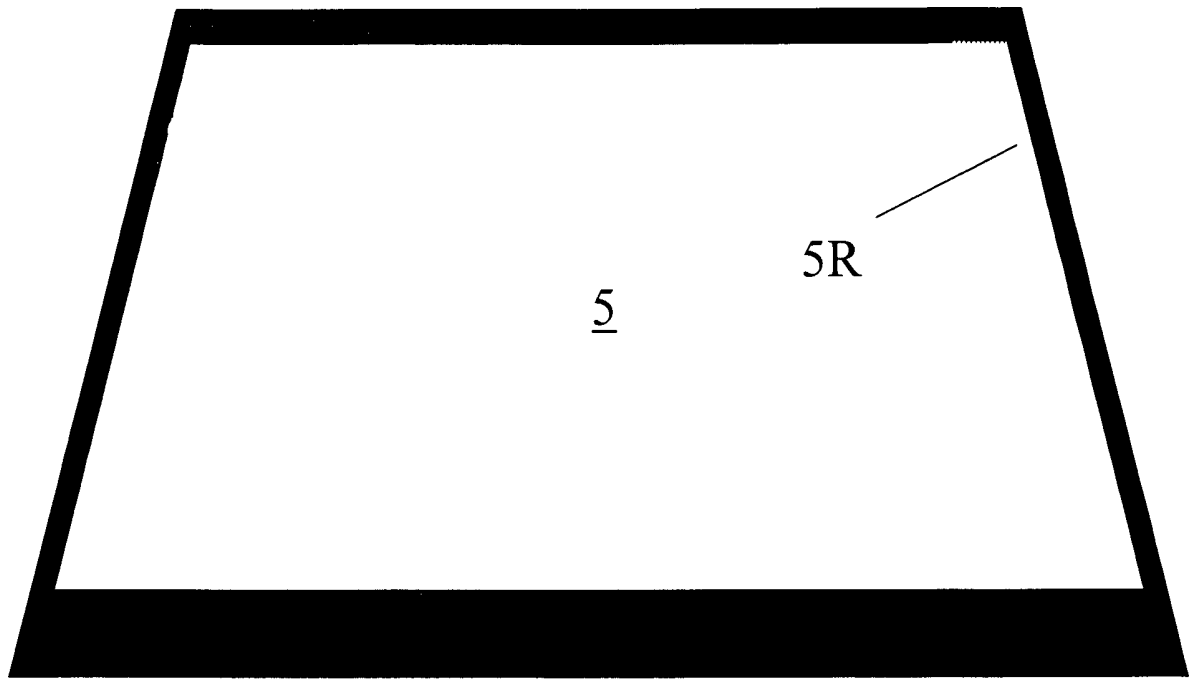


Fig. 1

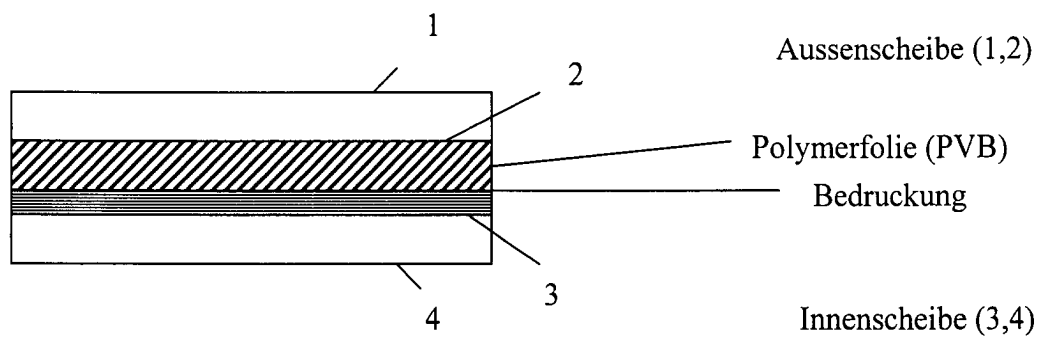


Fig. 2