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

(11) **EP 2 668 643 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**09.12.2015 Patentblatt 2015/50**

(21) Anmeldenummer: **12703003.9**

(22) Anmeldetag: **24.01.2012**

(51) Int Cl.:
***G08B 13/04*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
**PCT/EP2012/051057**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
**WO 2012/101126 (02.08.2012 Gazette 2012/31)**

# (54) SICHERHEITSSYSTEM FÜR EINE VERGLASUNGSANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ERFASSUNG EINER MECHANISCHEN ODER THERMISCHEN BEANSPRUCHUNG EINES FLÄCHIGEN VERGLASUNGSELEMENTS

SAFETY/SECURITY SYSTEM FOR A GLAZING ASSEMBLY AND METHOD FOR DETECTING MECHANICAL OR THERMAL STRESS ON A PLANAR GLAZING ELEMENT

SYSTÈME DE SÉCURITÉ POUR ENSEMBLE DE VITRAGE ET PROCÉDÉ DE DÉTECTION D'UNE SOLLICITATION MÉCANIQUE OU THERMIQUE D'UN ÉLÉMENT DE VITRAGE PLAN

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

(30) Priorität: **24.01.2011 DE 102011003073**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**04.12.2013 Patentblatt 2013/49**

(73) Patentinhaber: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
**80636 Munich (DE)**

(72) Erfinder: **WEINAND, Udo**
**54587 Birgel (DE)**

(74) Vertreter: **Hersina, Günter**
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler Zinkler, Schenk & Partner mbB**
**Patentanwälte**
**Radlkoferstrasse 2**
**81373 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**GB-A- 2 046 971**
**GB-A- 2 193 825**
**US-A- 4 367 460**
**US-A- 4 761 073**
**US-A- 5 399 854**
**US-A- 5 493 390**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 668 643 B1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion, auf ein Sicherheitssystem für eine Verglasungsanordnung und auf ein Verfahren zum Erfassen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung eines flächigen Verglasungselements. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Konzept zur Überwachung eines flächigen Verglasungselements, z.B. einer Glasscheibe oder einer Verbundglasscheibe, um eine mechanische oder thermische Belastung durch ein äußeres Einwirken an dem flächigen Verglasungselement frühzeitig bzw. zeitnah zu erfassen. Dadurch kann eine versuchte Manipulation des flächigen Verglasungselements, beispielsweise bei einem Einbruchsversuch, nahezu in Echtzeit erkannt und frühzeitig ein entsprechender Alarm ausgelöst werden. Gleichermaßen kann das erfindungsgemäße Konzept an flächigen Verglasungselementen eingesetzt werden, die bei ihrem Einsatz starken mechanischen und/oder thermischen Belastungen ausgesetzt sind, wie z.B. an Frontscheiben in einem Flugzeug-Cockpit, in Zügen oder anderen Fahrzeugen, um frühzeitig zu hohe mechanische oder thermische Belastungen an den Verglasungselementen zu erkennen und ein mechanisches Versagen aufgrund eines plötzlichen, unvorhergesehenen Bruchs des flächigen Verglasungselements zu vermeiden.

**[0002]** Auf vielen Gebieten wird sogenanntes Sicherheitsglas verwendet, um entweder die Verglasung, z.B. Panzerglas bzw. Verbund-Sicherheitsglas, mit einer möglichst ausreichenden einbruchshemmenden Wirkung zu versehen oder um einen unberechtigten physischen Zutritt zu Bereichen, die durch Sicherheitsglas gesichert sind, z.B. Auslagen von Juwelieren, Vitrinen usw., möglichst sicher zu verhindern. Darüber hinaus werden für die jeweiligen Verglasungselemente auch sog. passive Glasbruchmelder eingesetzt, die an der zu überwachenden Verglasung angeordnet sind, und einen Glasbruch bzw. eine physische Zerstörung des Verglasungselements erfassen. In diesem Zusammenhang beziehen sich unterschiedliche DIN-Normen auf sogenannte Widerstandsklassen (DIN V ENV 1627), die beispielsweise Widerstandszeiten, d.h. die Zeit, die ein Produkt einem Einbruch standhält, Tätertypen und den Modus Operandi berücksichtigen. Ferner gibt es Prüfnormen (DIN EN 356) für angriffshemmende Verglasungen, d.h. inwieweit die Verglasungen einbruchshemmend, durchwurfhemmend oder angriffshemmend sind.

**[0003]** Ferner wird Sicherheitsglas auch in Bereichen eingesetzt, wie z.B. als Frontscheiben in Flugzeug-Cockpits, Hochgeschwindigkeitszügen oder sonstige Fahrzeugen, die sehr starken thermischen und insbesondere mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind.

**[0004]** Nachteilig an den bisher im Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen ist, dass beispielsweise ein Einbruchsversuch erst bei Auftreten einer mechanischen Beschädigung oder Zerstörung des überwachten Verglasungselements erfasst wird. Wird nun beispielsweise bei einem Einbruchsversuch das Sicherheitsglas mittels eines Gasbrenners bzw. Schneidbrenners so in der Stabilität verändert, bis das Sicherheitsglas letztendlich schmilzt, kann ein möglicher Einbrecher relativ schnell an die hinter der Sicherheitsverglasung ausgestellten Wertgegenstände gelangen, ohne dass ein Alarm von einem passiven Glasbruchmelder ausgegeben wird. Ferner mussten bisher zur Identifizierung einer Wärmequelle im Sicherheitsbereich aufwändige Wärmebildkameras eingesetzt werden, sollte eine zeitnahe Wärmeinformation erhalten werden. Um eine möglichst umfassende Einbruchserfassung zu erhalten, mussten deshalb gemäß dem Stand der Technik unterschiedliche Überwachungskonzepte kombiniert werden, um sowohl mechanische als auch thermische Einwirkungen auf Sicherheitsverglasungen zu detektieren. Dies führt bei deren Realisierung zu einem hohen Aufwand und damit auch zu hohen Kosten.

**[0005]** Die Druckschrift GB 2 193 825 A offenbart ein Baumaterial mit eingebetteter optischer Faser, um mit einem faseroptischen System verbunden zu werden, wobei das Baumaterial inhärent die Erfordernisse für die Verwendung als physikalische beziehungsweise physische Barriere erfüllt. Für dieses Baumaterial können Lichtübertragungseigenschaften zur Verfügung gestellt werden, und es kann in Verbindung mit einem Sicherheitsdetektionssystem verwendet werden. Das Baumaterial umfasst im Wesentlichen starres bzw. steifes Material,zum Beispiel eine aus Glas ausgebildete Schichtanordnung, wobei in dem im Wesentlichen starren bzw. steifen Material wenigstens eine kontinuierliche optische Faser eingebettet ist, wobei diese optische Faser optisch an ihren Enden außerhalb des im Wesentlichen starren bzw. steifen Materials optisch verbindbar ist.

**[0006]** Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Konzept für eine Verglasungsanordnung mit einer Sicherheitsfunktion zu schaffen, mittels derer eine Detektion einer auf ein flächiges Verglasungselement einwirkenden mechanischen und/oder thermischen Beanspruchung bzw. Belastung frühzeitig und möglichst in Echtzeit detektiert werden kann.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein Sicherheitssystem für eine Verglasung gemäß Anspruch 1, durch ein Verfahren zum Erfassen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung eines flächigen Verglasungselements gemäß Anspruch 11 und durch ein Computerprogramm nach Anspruch 15 gelöst.

**[0008]** Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Lichtwellenleiterstruktur mit einem optischen Filterelement, wie z.B. einem Faser-Bragg-Gitter bzw. Bragg-Filter, mechanisch so an dem flächigen Verglasungselement anzuordnen, dass bei einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung des Verglasungselements eine optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur und insbesondere des optischen Filterelements verändert wird. Eine mechanische Verbindung zwischen einem Verglasungselement und einer Lichtwellenleiterstruktur kann beispielsweise

form-, kraft- oder stoffschlüssig ausgebildet sein. So wird insbesondere erfindungsgemäß ausgenutzt, dass es bei dem in einer Lichtwellenleiterstruktur angeordneten Bragg-Filter aufgrund einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu einem Dehnungseinfluss und/oder zu einer Brechzahländerung des Materials des Bragg-Filters kommt, so dass sich die Mittenfrequenz des Bragg-Filters als veränderbare, optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur entsprechend der mechanischen oder thermischen Einwirkung ändert. Eine solche Änderung der Mittenfrequenz des Bragg-Filters ist nun relativ einfach mit an der Lichtwellenleiterstruktur angekoppelten optischen Erfassungselementen detektierbar, wobei der Größe der Änderung der Mittenfrequenz $\Delta\lambda/\lambda_0$ der Grad einer mechanischen und/oder thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zugeordnet werden kann. Erfindungsgemäß kann somit durch Auswertung der optischen Eigenschaft des Bragg-Filters in der Lichtwellenleiterstruktur unmittelbar auf eine Manipulation, z.B. durch einen Einbrecher, des flächigen Verglasungselements geschlossen werden. Ferner können zur Steigerung der Erfassungssicherheit "normale" thermische oder mechanische Einwirkungen, wie z.B. Temperaturänderungen aufgrund von Sonneneinstrahlung, auf das flächige Verglasungselement bei der Auswertung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur berücksichtigt werden.

**[0009]** So kann nun erfindungsgemäß eine Lichtwellenleiterstruktur mit einem optischen Filterelement oder einer Mehrzahl von optischen Filterelementen, die beispielsweise als Bragg-Filter ausgebildet sind, mechanisch an einem zu überwachenden flächigen Verglasungselement angebracht werden. Bei einer Verwendung mehrerer Bragg-Filter können diese beispielsweise unterschiedliche Filtermittenfrequenzen bzw. Filtermittenwellenlängen aufweisen, um ferner eine räumliche Auflösung der auf das zu überwachende, flächige Verglasungselement einwirkenden mechanischen oder thermischen Beanspruchungen zu erhalten, wie dies nachfolgend noch ausführlich erläutert wird.

**[0010]** Die Lichtwellenleiterstruktur mit dem optischen Filterelement bzw. den optischen Filterelementen kann nun beispielsweise an einem mehrschichtigen, flächigen Verglasungselement, z. B. einer Verbundglasanordnung, angeordnet werden, wobei die Lichtwellenleiterstruktur in einer Glaskapillare, einer gefrästen Nute oder nachträglich auf dem Sicherheitsglas in Kapillaren angebracht werden kann und mit dem zu überwachenden, flächigen Verglasungselement zumindest bereichsweise form-, kraft- und/oder stoffschlüssig verbunden ist.

**[0011]** Bezüglich der mechanischen Verbindung des Verglasungselements mit der Lichtwellenleiterstruktur wird darauf hingewiesen, dass die Lichtwellenleiterstruktur entweder bereits bei der Herstellung des Verglasungselements in bzw. an demselben mechanisch, d. h. form-, kraft- und/oder stoffschlüssig, angeordnet werden kann oder auch nachträglich an dem Verglasungselement in nachträglich angebrachten Ausnehmungen oder Aussparungen (z.B. Kapillare oder Nute) angeordnet werden kann. Wird nun beispielsweise die Lichtwellenleiterstruktur mit den optischen Filterelementen bereits während der Herstellung des Verglasungselements im Material des Verglasungselements integriert oder innerhalb einer von mehreren Schichten einer Verbundglasanordnung beispielsweise unter Verwendung eines transparenten Klebstoffes fixiert, kann die Lichtwellenleiterstruktur ohne Weiteres form-, kraft- und/oder stoffschlüssig an dem Verglasungselement angeordnet werden, so dass eine mechanische Beanspruchung bzw. Verformung (z.B. Dehnung) des Glasmaterials unmittelbar auf die Lichtwellenleiterstruktur und die sich darin befindlichen optischen Filterelemente übertragen wird. Gleichermaßen wird auch eine thermische Beanspruchung des Verglasungselements, d. h. eine Temperaturerhöhung, unmittelbar auf die Lichtwellenleiterstruktur und die darin sich befindlichen optischen Filterelemente übertragen.

**[0012]** Bei einer nachträglichen Anordnung der Lichtwellenleiterstruktur an dem Verglasungselement ist nun zu unterscheiden, ob die Lichtwellenleiterstruktur in eine nach außen zugängliche Ausnehmung (z.B. eine gefräste Nut) eingelegt und mit einem Klebstoff im Wesentlichen vollständig mit dem Verglasungselement verbunden werden kann oder ob die Lichtwellenleiterstruktur bei einem Einschieben in eine vorgesehene Glaskapillare in dem Verglasungselement im Wesentlichen nur an den Endpunkten (d.h. an dem Ein- und Austrittspunkt der Lichtwellenleiterstruktur an dem Verglasungselement) mit demselben mechanisch verbunden werden kann. Im zweiten Fall wirkt sich eine mechanische Beanspruchung, z.B. in Form einer Dehnung des Verglasungselements, als eine relativ gleichmäßige Dehnung der Lichtwellenleiterstruktur zwischen den beiden fixierten Endpunkten aus. Damit ist gegenüber einer vollständigen mechanischen Verbindung der Lichtwellenleiterstruktur mit dem Verglasungselement zwar weiterhin die Erfassung einer Dehnung der Lichtwellenleiterstruktur und damit des Verglasungselements möglich, aber ohne eine genaue räumliche Zuordnung des Orts der einwirkenden mechanischen Beanspruchung.

**[0013]** Im Gegensatz zu einer mechanischen Beanspruchung ist bei einer thermischen Beanspruchung des Verglasungselements im Falle einer punktuellen Verbindung der Lichtwellenleiterstruktur mit dem Verglasungselement trotzdem eine räumliche Zuordnung des Orts der einwirkenden thermischen Beanspruchung möglich, da sich bei einer Erwärmung des Verglasungselements auch nur entsprechende Abschnitte der Lichtwellenleiterstruktur und somit nur bestimmte Bragg-Filterelemente erwärmen und ihre optische Filtereigenschaft ändern.

**[0014]** Durch Überwachung der optischen Eigenschaft der als Bragg-Filter ausgebildeten optischen Filterelemente kann nun von außen zugeführte Wärme oder großer Druck, wie dies beispielsweise bei einem Einbruchsversuch der Fall sein kann, über die resultierende mechanische Dehnung (oder Stauchung) des zu überwachenden, flächigen Verglasungselements und damit auch der mechanisch verbundenen Lichtwellenleiterstruktur sehr schnell und nahezu in Echtzeit detektiert und ein elektronischer Alarm ausgelöst werden, um die Manipulation an dem zu überwachenden,

flächigen Verglasungselement anzuzeigen. Darüber hinaus kann die an dem zu überwachenden, flächigen Verglasungselement angeordnete Lichtwellenleiterstruktur mit den optisch in Reihe geschalteten Bragg-Filtern gleichzeitig als ein Bruchsensor genutzt werden, da lediglich Signale von denjenigen Filterelementen (mit einer ausreichenden Amplitude) zurückreflektiert werden, die sich in der Lichtwellenleiterstruktur an Positionen (in Lichteinkoppelrichtung) vor der Bruchstelle befinden, während Reflexionssignale von einem oder mehreren Bragg-Filtern hinter der Bruchstelle ausfallen.

**[0015]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise zur Implementierung der Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion ist nun äußerst vorteilhaft bei der Überwachung eines flächigen Verglasungselements einsetzbar, da die Lichtwellenleiterstruktur mit den als Bragg-Filter ausgebildeten optischen Filterelementen zum Einspeisen eines optischen Signals in die Lichtwellenleiterstruktur einsetzbar ist, und durch die Auswertung des von den optischen Filterelementen reflektierten oder transmittierten optischen Signals direkt und nahezu in Echtzeit Informationen über eine mechanische und/oder thermische Beanspruchung des zu überwachenden, flächigen Verglasungselements ermittelt werden können.

**[0016]** Somit wird erfindungsgemäß gegenüber den anderen im Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen mit nur einer Sensoranordnung ermöglicht, sowohl eine Wärmeeinwirkung als auch eine Dehnung oder einen Bruch (oder Knick) des zu überwachenden, flächigen Verglasungselements zu erfassen, wobei die den jeweiligen Zustand des zu überwachenden, flächigen Verglasungselements beschreibenden Informationen in Form einer Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur direkt und nahezu in Echtzeit auslesbar sind. Die erfindungsgemäße Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion ist somit überall dort einsetzbar, wo Wertgegenstände, Waren oder sonstige Gegenstände vor einem ungebeteten Zugriff oder Zutritt gesichert werden sollen, z.B. bei Juwelieren, Banken, Warenhäusern usw. Darüber hinaus können mechanische Spannungen in stark beanspruchten Scheiben, wie z.B. von Frontscheiben in Flugzeug-Cockpits, Zügen oder sonstigen Fahrzeugen, rechtzeitig erkannt werden.

**[0017]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die vorliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a-b Prinzipdarstellungen in einer Draufsicht und einer Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2a-c eine Prinzipdarstellung einer Lichtwellenleiterstruktur mit einem optischen Filterelement für die erfindungsgemäße Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung einer Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Prinzipdarstellung eines Sicherheitssystems für eine Verglasungsanordnung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 5 ein prinzipielles Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**[0018]** Bevor nachfolgend die vorliegende Erfindung im Detail anhand der Zeichnungen näher erläutert wird, wird darauf hingewiesen, dass identische, funktionsgleiche oder gleichwirkende Elemente in den unterschiedlichen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die in den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellte Beschreibung der Elemente mit gleichen Bezugszeichen untereinander austauschbar ist bzw. aufeinander angewendet werden kann.

**[0019]** Im Folgenden wird nun anhand von Fig. 1a-b der prinzipielle Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise einer erfindungsgemäßen Verglasungsanordnung 10 mit Sicherheitsfunktion gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die in Fig. 2a-c dargestellte prinzipielle Ausgestaltung einer Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einem optischen Filterelement 32 beispielhaft beschrieben.

**[0020]** Wie in Fig. 1a dargestellt ist, weist die Verglasungsanordnung 10 ein flächiges Verglasungselement 20 auf. Das flächige Verglasungselement kann beispielsweise ein ein- oder mehrschichtiges transparentes Material, z.B. Glas, Kunststoff oder ein Verbundmaterial, aufweisen. So kann beispielsweise das flächige Verglasungselement 20 für eine Sicherheitsverglasung als Verbundglas eine Kombination von Glas und durchsichtigen Kunststofffolien aufweisen. An dem flächigen Verglasungselement 20 ist nun eine Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einem optischen Filterelement, z.B. in Form eines Faser-Bragg-Gitters bzw. eines optischen Bragg-Filters, angeordnet. Die Lichtwellenleiterstruktur 30 weist somit einen Lichtwellenleiterabschnitt 34 und das optische Filterelement 32 auf. Ferner weist die Lichtwellenleiterstruktur 30 einen Einkoppeleingang 36 zum Einkoppeln eines optischen Signals $S_1$ in die Lichtwellenleiterstruktur 30 auf. Ferner weist die Lichtwellenleiterstruktur 30 auch nach dem optischen Filterelement 32 optional einen weiteren Lichtwellenleiterabschnitt 34 auf, wobei der weitere Lichtwellenleiterabschnitt 34 beispielsweise zu einem Auskoppelausgang 38 an

einer beliebigen Seitenfläche, z.B. einer gegenüberliegenden Seitenfläche, des flächigen Verglasungselements 20 zum Auskoppeln eines durch das optische Filterelement 32 hindurchlaufenden optischen Signals $S_{Tr}$ geführt ist.

**[0021]** Wie nun in Fig. 1a-b dargestellt, ist die Lichtwellenleiterstruktur 30 innerhalb des Materials des flächigen Verglasungselements 20 angeordnet. Wie in Fig. 1b dargestellt, weist das flächige Verglasungselement 20 beispielsweise als Verbundglas eine Mehrzahl von Einzelschichten 20-1, ... , 20-5 (20-n) auf, wobei die Lichtwellenleiterstruktur 30 beispielsweise in einer kleinen Kapillare oder einer gefrästen Nut in der zweiten Verglasungsschicht 20-2 (hinter der ersten Scheibe 20-1) des flächigen Verglasungselements 20 angeordnet ist.

**[0022]** Diese in Fig. 1a-b dargestellte Anordnung der Lichtwellenleiterstruktur 30 an dem flächigen Verglasungselement 20 ist aber lediglich als beispielhaft anzusehen. So kann die Lichtwellenleiterstruktur 30 allgemein in eine Aussparung oder Ausnehmung 40 innerhalb des Materials des flächigen Verglasungselements 20 oder auch an einer Oberfläche des flächigen Verglasungselements 20 eingebracht sein. Natürlich können bei der Herstellung des flächigen Verglasungselements 20 entsprechende Ausnehmungen bzw. Aussparungen an oder in dem Verglasungselement 20 zum Einschieben oder Einlegen der Lichtwellenleiterstruktur bereits vorab vorgesehen sein. Die Lichtwellenleiterstruktur 30 kann nun beispielsweise mittels eines transparenten Klebstoffmaterials oder eines sonstigen Befestigungsmaterials in der vorgesehenen Ausnehmung 40 befestigt werden.

**[0023]** Ferner ist es auch möglich, die Lichtwellenleiterstruktur 30 noch nachträglich an einem Verglasungselement 20 anzuordnen. Bei einem nachträglichen Einbau in eine z.B. nachträglich vorgesehene Ausnehmung oder Aussparung 40 (bzw. Vertiefung) an dem Verglasungselement 20 kann die Lichtwellenleiterstruktur 30 beispielsweise mittels einer Folie (nicht gezeigt in Fig. 1a-b) fixiert werden, die auf die Oberfläche des flächigen Verglasungselements 20 zumindest im Bereich der Aussparungen 40 für die Lichtwellenleiterstruktur 30 auf die Oberfläche des flächigen Verglasungselements 20 geklebt wird.

**[0024]** Bezüglich einer örtlichen Auflösung einer mechanischen Beanspruchung des Verglasungselements 20 wird darauf hingewiesen, dass diese mechanische Beanspruchung bei Verwendung einer Mehrzahl von Bragg-Filterelementen 32 nur an den Bereichen des Verglasungselements 20 ortsaufgelöst erfassbar ist, an denen eine feste bzw. kraftschlüssige mechanische Verbindung der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit den optischen Filterelementen 32 an dem Verglasungselement vorliegt. Diesbezüglich wird auf die detaillierten Ausführungen in Fig. 4 hingewiesen, die auf alle Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anwendbar sind.

**[0025]** Im Zusammenhang mit der in Fig. 1a-b dargestellten Lichtwellenleiterstruktur 30 wird darauf hingewiesen, dass diese zur Vereinfachung der Beschreibung lediglich ein optisches Filterelement 32 aufweist. Im Rahmen der nachfolgenden Beschreibung wird noch deutlich werden, dass eine Mehrzahl von optischen Filterelementen in der Lichtwellenleiterstruktur 30 angeordnet sein kann, wobei die Lichtwellenleiterstruktur 30 auch entlang im Wesentlichen beliebig geformter, z.B. mäanderformig geformter, Aussparungen 40 in dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet sein kann. Ferner können weitere Lichtwellenleiterstrukturen (nicht gezeigt in Fig. 1a-b) mit jeweiligen Einkoppeleingängen und optionalen Auskoppeleingängen in dem flächigen Verglasungselement 20 getrennt voneinander angeordnet sein.

**[0026]** Die Lichtwellenleiterstruktur(en) 30 mit jeweils einer Mehrzahl von optischen Filterelementen 32 können nun so an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet sein, um beispielsweise eine in einem Raster verteilte Anordnung von Sensorelementen (in Form der optischen Filterelemente 32) verteilt über die Grundfläche des flächigen Verglasungselements 20 zu erhalten. Auf eine solche Anordnung der Lichtwellenleiterstruktur 30 an dem flächigen Verglasungselement 20 wird im Nachfolgenden noch detailliert anhand von Fig. 3 eingegangen.

**[0027]** Ferner wird darauf hingewiesen, dass die rechteckige und gerade Form der Oberfläche des flächigen Verglasungselements 20, wie sie in den Figuren dargestellt ist, lediglich als beispielhaft anzusehen ist. Das erfindungsgemäße Konzept ist insbesondere auch auf beliebig geformte und auch gekrümmte Oberflächen eines flächigen Verglasungselements 20 anwendbar.

**[0028]** Wie in Fig. 1b nun dargestellt, weist die Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem optischen Filterelement 32 beispielsweise einen Durchmesser "a" von 80-200 $\mu$m auf, so dass beispielsweise die in dem flächigen Verglasungselement 20 vorgesehene Ausnehmung 40 Abmessungen mit einer Breite "b" und einer Höhe "c" von beispielsweise 200-650 $\mu$m aufweisen kann, um die Lichtwellenleiterstruktur 30 aufzunehmen. In einem möglichen Zwischenraum zwischen der Lichtwellenleiterstruktur 30 und den Seitenwänden der Ausnehmung 40 kann beispielsweise ein transparenter Klebstoff oder ein sonstiges transparentes Verbindungsmaterial (nicht gezeigt in Fig. 1a-b) zum Auffüllen etwaiger Hohlräume, zur Beibehaltung der mechanischen Stabilität und zur Fixierung an dem Glas (Kraftschluß) vorgesehen sein, soweit der Klebstoff in die Ausnehmungen eingebracht werden kann.

**[0029]** Die Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem optischen Filterelement 32 ist nun so an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet, dass etwaige mechanische und/oder thermische Belastungen, die auf das flächige Verglasungselement 20 einwirken, möglichst unmittelbar auf die Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem optischen Filterelement 32 übertragen oder zumindest in einem gewissen Grad weitergegeben werden. D.h., die Lichtwellenleiterstruktur 30 ist so mechanisch an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet, dass eine mechanische oder thermische Beanspruchung, d.h. das Einwirken einer erhöhten Temperatur oder einer äußeren, mechanischen Kraft auf das flächige Verglasungselement 20, eine Veränderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 und insbesondere

des optischen Filterelements 32 der Lichtwellenleiterstruktur 30 hervorruft. Dazu ist es also erforderlich, dass die Lichtwellenleiterstruktur 30 ausreichend thermisch und/oder mechanisch mit dem flächigen Verglasungselement 20 gekoppelt ist, um eine ausreichende Wärme- und/oder Kraftübertragung von dem flächigen Verglasungselement 20 auf die Lichtwellenleiterstruktur 30 zu gewährleisten. Unter mechanischen Kräften sind beispielsweise Zug-, Druck-, Schlag-, Stoß- oder Biegungsbelastungen zu verstehen. Um eine thermische Kopplung der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem flächigen Verglasungselement 20 vorzusehen, ist lediglich zu beachten, dass das flächige Verglasungselement 20 und die Lichtwellenleiterstruktur 30 ausreichend nahe aneinander bzw. in (thermischem) Kontakt zueinander angeordnet sind. Um ferner mechanische Belastungen des flächigen Verglasungselements 20 in einem ausreichenden Grad an die Lichtwellenleiterstruktur 30 zu übertragen bzw. weiterzuleiten, kann eine entsprechende mechanische Verbindung, z.B. eine kraft-, form- und/oder stoffschlüssige Verbindung, der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem optischen Filterelement 32 an dem flächigen Verglasungselement 20 vorgesehen sein.

**[0030]** Im Folgenden wird nun, Bezug nehmend insbesondere auf Fig. 2a-c, darauf eingegangen, wie der Zusammenhang zwischen einer mechanischen und/oder thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 und einer Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 und insbesondere des optischen Filterelements 32 der Lichtwellenleiterstruktur 30, das beispielsweise in Form eines Bragg-Filters vorliegt, erhalten wird.

**[0031]** Wie in Fig. 2a-c dargestellt, ist das optische Filterelement 32 beispielsweise als ein Faser-Bragg-Gitter bzw. optisches Bragg-Filter ausgebildet. Das Bragg-Filter 32 ist ein in den Glasfaserkern der Lichtwellenleiterstruktur 30 eingeschriebenes optisches Interferenzfilter. Wellenlängen des in die Lichtwellenleiterstruktur 30 eingekoppelten optischen Signals $S_1$ (mit der Leistungsverteilung $P_1$), die innerhalb der Filterbandbreite um die Mittenbandbreite $\lambda_B$ des Bragg-Filters liegen, werden (zumindest größtenteils) zurückreflektiert und ergeben das reflektierte Signal $S_{R1}$ mit der Leistungsverteilung $P_{R1}$.

**[0032]** Die Lichtwellenleiterstruktur 30 in Form einer Einmodenglasfaser weist somit einen hochtransparenten Glasfaserkern 30-1 mit dem Brechungsindex $n_2$ auf, der mit einem Glasmaterial 30-2 niedrigerer Brechzahl $n_1$ ummantelt ist. Der Lichtwellenleiter besteht somit aus einem Kern 30-1 mit der Brechzahl $n_2$, einem Mantel (Cladding) 30-2 mit der Brechungszahl $n_1$ und beispielsweise einer Schutzbeschichtung (Coating/Buffer) 30-3 mit einer Brechzahl $n_0$. Der lichtführende Kern 30-1 dient zum Führen und Übertragen des optischen Signals $S_1$. Der Mantel 30-2 hat eine niedrigere optische Brechzahl als der Kern 30-1, d.h. $n_1<n_2$. Der Mantel 30-2 bewirkt dadurch eine Totalreflexion an der Grenzschicht zu dem Kern 30-1 und somit eine Führung der Strahlung (d.h. des optischen Signals) im Kern 30-1 des Lichtwellenleiters 30. Das optische Filterelement 32 entlang des Kerns 30-1 der Lichtwellenleiterstruktur 34 ist in dem Faserkern 30-1 in Form einer periodischen Modulation der Brechzahl angeordnet, mit hohen ($n_3$) und niedrigen Brechzahlbereichen ($n_2$), die das Licht in dem Faserkern 30-1 einer bestimmten Wellenlänge $\lambda_B$ zurückreflektieren, und somit die Funktion einer Bandsperre aufweisen, mit $n_3>>n_2$. Die Mittenwellenlänge $\lambda_B$ der Filterbandbreite ergibt sich durch die Bragg-Bedingung

$$\lambda_B = 2neff * \Lambda \ . \qquad (1)$$

**[0033]** Darin ist $n_{eff}$ die effektive Brechzahl des Faserkerns 30-1 der Lichtwellenleiterstruktur 30 und A die Gitterperiode. Die spektrale Breite des Bandes (Sperrbandes) hängt von der Länge des Faser-Bragg-Gitters 32 und der Stärke der Brechzahländerung zwischen den benachbarten Brechzahlbereichen ab.

**[0034]** Fig. 2b zeigt nun beispielhaft das Reflexionsverhalten der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem Bragg-Filter 32. Das Spektrum der Eingangsleistung $P_I$ des optischen Eingangssignals $S_1$ über der Wellenlänge $\lambda$. Das Bragg-Filter 32 wirkt wie ein Bandpassfilter, so dass ein Anteil des eingespeisten Spektrums als reflektierter Anteil $P_{R1}$ zurückreflektiert wird, d.h. das Bragg-Filter 32 wirkt als Bandsperre um die Mittenwellenlänge $\lambda_B$. Darüber hinaus ist in Fig. 2b beispielhaft das Transmissionsspektrum der übertragenen bzw. durchgehenden Leistung $P_{Tr}$ dargestellt, bei dem der Anteil um die Mittenfrequenz $\lambda_B$ durch das Bragg-Filter 32 aus dem Übertragungsspektrum entfernt wurde.

**[0035]** Bezüglich der in Fig. 2b dargestellten Leistungsspektren wird darauf hingewiesen, dass diese lediglich als beispielhaft anzusehen sind. So ist insbesondere anzumerken, dass die durch ein Bragg-Filter realisierte Bandsperrenfunktionalität äußerst schmale Sperr- bzw. Reflexionsbereiche um die Mittenwellenlänge $\lambda_B$ ermöglicht, während in Fig. 2b dieser Sperrbereich zur Vereinfachung der Darstellung relativ breit dargestellt ist.

**[0036]** Wie aus der obigen Gleichung (1) ersichtlich ist, hängt die Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des Bragg-Filters 32 jeweils von der effektiven Brechzahl sowie von der Gitterperiode A des als Faser-Bragg-Gitter ausgebildeten optischen Filterelements 32 ab. In diesem Zusammenhang wird nun darauf hingewiesen, dass sich die Gitterperiode A durch eine einwirkende mechanische Belastung, d.h. eine Dehnung oder Stauchung aufgrund einer Zug-, Druck-, Schlag-, Stoß- oder Biegungsbelastung, ändert. Wenn also die Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem optischen Filterelement 32 mechanisch mit dem flächigen Verglasungselement 20 gekoppelt ist, so dass sich Dehnungs- oder Stauchungsverformungen aufgrund mechanischer oder auch thermischer Belastungen des flächigen Verglasungselements 20 auch auf das Bragg-Filter 32 der Lichtwellenleiterstruktur 30 zumindest teilweise übertragen, so ändert sich die Gitterperiode A des Bragg-

Filters 32 und damit auch die Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des Bragg-Filters 32. Darüber hinaus sind die Brechungsindizes $n_2$, $n_3$ im Faserkern 30-1 auch temperaturabhängig, so dass sich zusätzlich die Mittenwellenlänge $\lambda_B$ entsprechend der thermischen Belastung verändert, die auf das flächige Verglasungselement 20 und damit auch auf das optische Filterelement 32 der Lichtwellenleiterstruktur 30 einwirkt.

**[0037]** Daraus ergibt sich, dass die Wellenlängenänderung $\Delta\lambda_B$ eine Abhängigkeit von der einwirkenden mechanischen und thermischen Belastung aufweist:

$$\Delta\lambda_B = f(F; T) \qquad (2)$$

**[0038]** Dadurch wird erfindungsgemäß erreicht, dass eine mechanische oder thermische Beanspruchung des flächigen Filterelements 20, beispielsweise bei einem Einbruchversuch oder bei einer starken Beanspruchung während der Verwendung z.B. als Frontscheibe eines Fahrzeugs, eine Veränderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 und insbesondere des darin integrierten optischen Bragg-Filters 32 hervorgerufen wird.

**[0039]** Fig. 2c zeigt nun beispielhaft resultierende Leistungsspektren einer Lichtwellenleiterstruktur 30, die zwei optische Filterelemente (nicht gezeigt in Fig. 1a oder 2a) aufweist. In diesem Fall sind die beiden Bragg-Filter jeweils so ausgebildet, dass sie unterschiedliche Mittenwellenlängen $\lambda_{B1}$, $\lambda_{B2}$ aufweisen, so dass unter Kenntnis der Position des ersten und zweiten optischen Filterelements bei einer Veränderung der Mittenwellenlänge $\lambda_{B1}$, $\lambda_{B2}$ neben der Größe der mechanischen oder thermischen Belastung auch auf eine Position geschlossen werden kann, an der die mechanische oder thermische Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 erfolgt. Da nun Bragg-Filter als äußerst schmale Bandsperren mit einer fest zugeordneten Mittenwellenlänge $\lambda_{Bn}$ ausgebildet werden können, kann auch eine größere Anzahl von Bragg-Filtern 32-n in der Lichtwellenleiterstruktur 30 realisiert werden, so dass örtlich aufgelöst eine Überwachung des flächigen Verglasungselements 20 hinsichtlich mechanischer und/oder thermischer äußerer Beanspruchungen realisiert werden kann.

**[0040]** Alle Implementierungen haben aber dahin gehend das gleiche Grundprinzip, das aufgrund der Veränderung der Mittenwellenlänge $\Delta\lambda_{Bn}$ des Bragg-Filters die Größe der von außen einwirkenden mechanischen oder thermischen Beanspruchung zugeordnet werden kann, so dass bei Überschreiten eines Grenzwerts zumindest eines der optischen Filterelemente 32 ein kritischer (anomalen) Zustand, z.B. ein Einbruchsversuch, an dem flächigen Verglasungselement 20 festgestellt werden kann. Darüber hinaus kann gleichzeitig mit der in einem flächigen Verglasungselement 20 integrierten Lichtwellenleiterstruktur 30 erfasst werden, wenn ein Bruch des Verglasungselements 20 und damit der Bruch oder Knick der Lichtwellenleiterstruktur 30 auftritt, da dann von einem optischen Filterelement 32, das in der Lichtwellenleiterstruktur 30 in Lichteinkoppelrichtung nach der Bruchstelle angeordnet ist, kein oder ein stark reduziertes Reflexionssignal zurückkehrt und somit sicher auf eine mechanische Beschädigung in Form eines Bruchs des Verglasungselements 20 geschlossen werden kann.

**[0041]** Fig. 3 zeigt ein mögliches Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verglasungsanordnung 10. In dem flächigen Verglasungselement 20 ist eine Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einer Mehrzahl von optischen Filterelementen 32-n angeordnet. Die Lichtwellenleiterstruktur 30 ist nun wieder ausgebildet, um an einem Einkoppelanschluss 36 das optische Signal $S_1$ in die Lichtwellenleiterstruktur 30 einzukoppeln, wobei beispielsweise an dem ersten Bragg-Filterelement 32-1 ein erster Anteil des optischen Signals bei der ersten Mittenwellenlänge $\lambda_{B1}$ als erstes Reflexionssignal $S_{R1}$, an dem zweiten Bragg-Filter 32-2 bei einer zweiten Mittenwellenlänge $\lambda_{B2}$ ein zweites Reflexionssignal $S_{R2}$ usw. bis zu dem letzten Bragg-Filterelement 32-n bei einer Mittenwellenlänge $\lambda_{Bn}$ das Reflexionssignal $S_{Rn}$ zu dem Ankoppelanschluss 36 zurückreflektiert wird. Weiterhin ist es auch möglich, an einem optional vorgesehenen Auskoppelanschluss 38 das Transmissionsspektrum $P_{Tr}$ in Form des Durchgangssignals $S_{Tr}$ hinsichtlich Änderungen einer oder mehrerer der Mittenwellenlängen eines oder mehrerer der Bragg-Filter 32 zu untersuchen.

**[0042]** Wie in Fig. 3 dargestellt, ist die Lichtwellenleiterstruktur 30 mit den optischen Filterelementen 32-n mäanderformig an dem flächigen Verglasungselement 20 und beispielsweise innerhalb einer speziell vorgesehenen Aussparung (nicht gezeigt in Fig. 3) mechanisch, z.B. form-, kraft- oder stoffschlüssig, an dem flächigen Verglasungselement 20 befestigt. Somit sind die als Sensorelemente angeordneten Bragg-Filter 32-n in einem Raster verteilt an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet. Dabei können die Abstände A, B oder C zwischen benachbarten Bragg-Filtern 32-n so gewählt werden, dass abhängig von der Wärmeleitfähigkeit oder der Temperaturleitfähigkeit des flächigen Verglasungselements 20, d.h. des die einzelnen Bragg-Filter 32-n umgebenden Materials, bei einer punktuellen Aufheizung der Scheibe um z.B. 500°C (oder mehr) am nächstgelegenen Bragg-Filter innerhalb einer Zeitdauer von z.B. $\leq 5$ Sekunden eine eindeutig über den als normal festgestellten Temperaturschwankungen liegende Temperaturerhöhung, z.B. größer als 10°C, hervorgerufen wird. Dabei würde sich dessen Mittenwellenlänge typischerweise um mindestens ca. 100 pm erhöhen.

**[0043]** Beispielsweise kann die Lichtwellenleiterstruktur 30 mit den optischen Filterelementen 32-n so an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet werden, dass pro Flächeneinheit (z.B. 0,01 - 1,0 $m^2$) zumindest ein Bragg-Filter 32

angeordnet ist, um sicher eine thermische oder mechanische Beanspruchung über eine Änderung der optischen Eigenschaften der Lichtwellenleiterstruktur(en) zu erfassen.

**[0044]** Wie in Fig. 3 dargestellt, sind die Mehrzahl von optischen Filterelementen 32-n entlang einer Lichtwellenleiterstruktur 30 angeordnet. Erfindungsgemäß ist es gleichermaßen möglich, auch mehrere Lichtwellenleiterstrukturen 30-1, ..., 30-n jeweils mit einer oder mehreren optischen Filterelementen, z.B. in Form eines Bragg-Filters, in dem flächigen Verglasungselement 20 vorzusehen, um eine Mehrzahl optisch voneinander getrennter Sensorkreisläufe an dem flächigen Verglasungselement 20 anzubringen. Dies kann bei einem sehr großflächigen Verglasungselement 20 vorteilhaft sein.

**[0045]** Die in Fig. 3 dargestellte Lichtwellenleiterstruktur 30 kann an dem flächigen Verglasungselement 20 auch innerhalb einer Vertiefung oder Ausnehmung in dem flächigen Verglasungselement 20, beispielsweise mittels eines eine Verbindung herstellenden Klebstoffes (nicht gezeigt in Fig. 3) mechanisch so an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet sein, um eine ausreichende mechanische und thermische Kopplung zwischen dem Verglasungselement 20 und der Lichtwellenleiterstruktur 30 herzustellen, wie dies bereits anhand von Fig. 1a-b erläutert wurde, wobei die dortigen Ausführungen gleichermaßen auf die in Fig. 3 dargestellte Anordnung anwendbar ist.

**[0046]** Die in Fig. 3 dargestellte Verglasungsanordnung 10 mit Sicherheitsfunktion ist nun einerseits geeignet, um mechanische Verformungen aufgrund einer thermischen oder mechanischen Einwirkung auf das flächige Verglasungselement 20 zu erfassen. Darüber hinaus kann mit der in Fig. 3a dargestellten Verglasungsanordnung ferner auch ein Bruch des flächigen Verglasungselements 20 und damit aufgrund eines entsprechenden Bruchs oder Knicks auch der Lichtwellenleiterstruktur 30 erfasst werden. In Fig. 3 ist beispielhaft eine Bruchstelle 60 innerhalb bzw. an dem flächigen Verglasungselement 20 dargestellt. Das an dem Anschluss 36 erhaltene reflektierte Signal $S_{Rn}$ enthält nun keine oder stark verringerte Reflexionssignale der in Fig. 3 dargestellten Bragg-Filter 32-9, 32-10 ... 32-n, die in Lichteinkoppeleinrichtung nach der Bruchstelle 60 angeordnet sind. Damit kann ein mechanisches Brechen des Verglasungselements 20 und damit ein Brechen oder Knicken der Lichtwellenleiterstruktur 30 erkannt und einer Position zwischen den beiden Bragg-Filterelementen 32-8 und 32-9 zugeordnet werden. Somit ist mit dem Reflexionssignal $S_R$ auch abhängig von der jeweiligen Beabstandung der Bragg-Filterelemente 32-n eine örtliche Auflösung einer thermischen oder mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 über eine Änderung einzelner Mittenwellenlängen $\lambda_{Bn}$, bzw. eine Lokalisierung eines Bruches des flächigen Verglasungselements, möglich, indem ein Ausfall der Reflexionssignale oder eine starke Abnahme (> 50%) der Amplitude des Reflexionssignals $S_{Rn}$ der Bragg-Filterelemente nach einer Bruchstelle erfasst wird.

**[0047]** Bezüglich einer örtlichen Auflösung bzw. räumlichen Zuordnung einer mechanischen Beanspruchung des Verglasungselements 20 wird darauf hingewiesen, dass diese mechanische Beanspruchung bei Verwendung einer Mehrzahl von Bragg-Filterelementen nur an den Bereichen des Verglasungselements ortsaufgelöst erfassbar ist, an denen eine feste mechanische Verbindung der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit den optischen Filterelementen 32 an dem Verglasungselement vorliegt.

**[0048]** Ist beispielsweise die Lichtwellenleiterstruktur 30 über der gesamten Länge mechanisch mit dem Verglasungselement 20 verbunden, kann über der gesamten Länge der Lichtwellenleiterstruktur 30, an der Bragg-Filterelemente angeordnet sind, eine örtliche Auflösung einer auf das Verglasungselement 20 einwirkenden mechanischen Beanspruchung erfolgen. Die örtliche Auflösung entspricht dabei der Beabstandung der Filterelemente. Wird nun aber beispielsweise die Lichtwellenleiterstruktur 30 nachträglich in eine an dem Verglasungselement 20 vorgesehene Kapillare 40 eingebracht, ist es häufig nur möglich, an den jeweiligen Endstücken der Lichtwellenleiterstruktur 30, die aus dem Verglasungselement 20 hervorstehen, eine mechanische Fixierung zwischen der Lichtwellenleiterstruktur 30 und dem Verglasungselement 20 vorzunehmen. Bei einer mechanischen Beanspruchung des Verglasungselements 20 ist dann lediglich eine über die gesamte in dem Verglasungselement 20 angeordnete Lichtwellenleiterstruktur 30 relativ gleichmäßig hervorgerufene Dehnung erfassbar, so dass nur erkannt wird, dass irgendwo entlang dieser Kapillare (und nicht etwa in benachbarten) eine mechanische Beanspruchung erfolgte.

**[0049]** Bezüglich der obigen Erörterung möglicher Alternativen für eine mechanische Anordnung der Lichtwellenleiterstruktur 30 an dem Verglasungselement 20 sollte deutlich werden, dass bei einer nur bereichsweisen festen mechanischen Verbindung der Lichtwellenleiterstruktur 30 an dem Verglasungselement 20 innerhalb der festen mechanischen Verbindungsbereiche unmittelbar eine mechanische Beanspruchung auf das Verglasungselement auch auf die Lichtwellenleiterstruktur 30 übertragen wird, während auf einen etwaigen Zwischenbereich ohne eine solche feste mechanische Verbindung eine mechanische Beanspruchung des Verglasungselements 20 als relativ gleichmäßige Dehnung zwischen den mechanischen Verbindungsstellen übertragen wird, eine genaue Ortsauflösung also nicht möglich ist.

**[0050]** In diesem Zusammenhang wird noch darauf hingewiesen, dass eine örtliche Auflösung bei einer thermischen Beanspruchung des Verglasungselements 20 i. W. unabhängig von der mechanischen Verbindung zwischen der Lichtwellenleiterstruktur 30 und dem Verglasungselement 20 ist, solange eine ausreichend gute thermische Kopplung der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem Verglasungselement 20 über der gesamten Länge der Lichtwellenleiterstruktur 30 vorhanden ist, was schon durch Aufliegen gegeben ist.

**[0051]** Im Folgenden wird nun anhand von Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel für ein Sicherheitssystem 70 für eine Ver-

glasung beispielhaft beschrieben.

**[0052]** Wie in Fig. 4 dargestellt, weist das Sicherheitssystem 70 beispielsweise eine Verglasungsanordnung 10 auf, wie sie anhand der vorherigen Fig. 1a-b, 2a-c und 3 beschrieben wurden und bei dem im Folgenden dargestellten Ausführungsbeispiel eingesetzt werden kann.

**[0053]** Wie in Fig. 4 ferner dargestellt, ist an dem Ankoppelanschluss 36 eine Signaleinkoppeleinrichtung 80 zum Einkoppeln eines optischen Signals $S_1$ in die Lichtwellenleiterstruktur 30 vorgesehen. Ferner ist eine Signalerfassungseinrichtung 82 zum Erfassen eines optischen Signals (d.h. des Reflexionssignals $S_R$ und/oder optional des Transmissionssignals $S_{Tr}$) der Lichtwellenleiterstruktur 30 und zum Ausgeben eines elektrischen Erfassungssignals $S_e$ basierend auf dem erfassten optischen Signal $S_R$ bzw. $S_{Tr}$ vorgesehen. Die Signaleinkoppeleinrichtung 80 ist somit als ein optischer Sender ausgebildet, während die Signalerfassungseinrichtung 82 als ein optischer Empfänger ausgebildet ist. Die Signalerfassungseinrichtung 82 ist so ausgebildet, dass sie beispielsweise das an dem Ankoppelanschluss 36 bereitgestellte Reflexionssignal $S_R$ und optional das an dem optionalen Ankoppelanschluss 38 bereitgestellte optionale Transmissionssignal $S_T$ bzw. das jeweilige Leistungsspektrum erfassen kann. In der Signalerfassungseinrichtung werden die erfassten optischen Signale beispielsweise in elektrische Signale $S_e$ für eine Weiterverarbeitung und/oder Auswertung durch eine Verarbeitungseinrichtung 90 umgewandelt. Die Verarbeitungseinrichtung 90 ist vorgesehen, um einerseits beispielsweise die Signaleinkoppeleinrichtung 80 zum Einkoppeln des optischen Signals $S_l$ anzusteuern und ferner um das von der Signalerfassungseinrichtung 82 bereitgestellte Erfassungssignal $S_e$ basierend auf dem Reflexionssignal $S_R$ oder dem Transmissionssignal $S_{Tr}$ auszuwerten. Dabei ist die Verarbeitungseinrichtung 90 insbesondere ausgebildet, um eine Änderung der Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 bei einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung des Verglasungselements 20 zu ermitteln. Die Verarbeitungseinrichtung und optional auch die Signaleinkoppel- und Signalerfassungseinrichtung 80, 82 können benachbart zu der Verglasungsanordnung 10 oder über eine Lichtwellenleiterverbindung (nicht gezeigt in Fig. 4) entfernt von der Verglasungsanordnung 10 angeordnet sein, um beispielsweise keinen unbefugten Zugriff und keinen Manipulationsversuch, z.B. bei einem Einbruch, an dem Sicherheitssystem 70 zu ermöglichen.

**[0054]** Wie bereits im Vorhergehenden angesprochen wurde, kann die Verarbeitungseinrichtung 90 basierend auf dem von den jeweiligen Bragg-Filtern 32-n reflektierten Signal $S_R$ bzw. auf dem Transmissionssignal $S_{Tr}$ eine mechanische oder thermische Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 und damit der mechanisch angekoppelten Lichtwellenleiterstruktur 30 mit dem Bragg-Filterelement 32 bzw. der Mehrzahl von Bragg-Filterelementen 32-n ermitteln. So kann die Verarbeitungseinrichtung 90 eine Änderung der Mittenwellenlänge $\lambda_{Bn}$ zumindest eines der Bragg-Filterelemente 32-n erfassen und bei einem Überschreiten eines Vergleichswerts für eine Wellenlängenänderung ein entsprechendes Anzeigesignal bzw. Alarmsignal $S_{OUT}$ an einem Ausgangsanschluss 92 ausgeben.

**[0055]** Ferner kann die Verarbeitungseinrichtung 90 an dem Ausgangsanschluss 92 ein entsprechendes Alarmausgangssignal $S_{OUT}$ ausgeben, wenn in dem Reflexionssignal $S_R$ nicht die Reflexionsspektren aller Bragg-Filterelemente 32-n enthalten sind, da dies auf einen Bruch des flächigen Verglasungselements 20 und damit auf einen Bruch oder Knick der Lichtwellenleiterstruktur 30 hinweist.

**[0056]** Die Verarbeitungseinrichtung 90 ist so ausgebildet, um das Erfassungssignal $S_e$ oder ein davon abgeleitetes Signal mit einem Vergleichswert zu vergleichen, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal innerhalb oder außerhalb eines Sollbereichs befindet, und um beim Verlassen des Sollbereichs auf eine Überschreitung des Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements 20 hinzuweisen.

**[0057]** Der Vergleichswert kann beispielsweise basierend auf einem Mittelwert oder einer Mehrzahl von vorhergehenden Messwerten des Erfassungssignals oder davon abgeleiteten Signalen ermittelt werden. Damit kann erreicht werden, dass beispielsweise eine relativ langsame, thermische Temperaturänderung an dem flächigen Verglasungselement, wie sie beispielsweise durch Sonneneinstrahlung auftritt, nicht zum Auslösen eines Alarms führt, während beispielsweise ein Wärmeeinwirken hoher Leistung, wie es beispielsweise von einem Gasbrenner eines Einbrechers hervorgerufen wird, äußerst schnell bzw. unmittelbar zu einem Alarmsignal führt. Heutige Gasbrenner haben eine Hitzeabstrahlung von mehr als 1900°C und eine Leistung von über 50 kW.

**[0058]** Neben einem relativen Vergleichswert, der basierend auf einem Mittelwert oder einer davon abgeleiteten Größe einer Mehrzahl vorhergehender Messwerte des Erfassungssignals nachgeregelt wird, kann ferner ein zweiter fester Vergleichswert vorgesehen sein, bei dessen Überschreitung auf jedem Fall ein Alarm ausgelöst wird, da dies jedenfalls auf eine zu hohe thermische oder mechanische Belastung des flächigen Verglasungselements 20 hinweist, auch wenn diese nur langsam angestiegen ist.

**[0059]** Wie im Vorhergehenden beschrieben wurde, basiert das Erfassungssignal oder das davon abgeleitete Signal auf einer Mittenfrequenz bzw. Mittenwellenlänge des jeweiligen Bragg-Filters oder einem Pegel des erfassten Signals. Die Verarbeitungseinrichtung 90 ist somit ausgebildet, um die spektrale Verteilung der Signalanteile in dem Reflexionssignal $S_R$ und auch den jeweiligen Pegel zu erfassen und auf eine mechanische oder thermische Beanspruchung zurückzuführende Veränderung der jeweiligen Signalanteile zu untersuchen.

**[0060]** Bei dem in Fig. 4 dargestellten Sicherheitssystem 70 für eine Verglasung sind die Signaleinkoppeleinrichtung 80, die Signalerfassungseinrichtung 82 und die Verarbeitungseinrichtung 90 in der Prinzipdarstellung als getrennte

Elemente bzw. Bauteile dargestellt, wobei diese Elemente oder Bauteile aber auch zu einer einzigen Baugruppe 100 zusammengefasst sein können.

**[0061]** Die Baugruppe 100 wird auch als optischer Sensor-Interrogator oder optisches Abfragegerät für Faser-Bragg-Gitter bezeichnet. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass verfügbare Interrogatoren für Faser-Bragg-Gitter beispielsweise bis zu 100 Bragg-Filterelemente in Reihe überwachen können, so dass mit nur einem einzigen Interrogator eine relativ hohe Ortsauflösung durch die Überwachung einer großen Anzahl von Bragg-Filterelementen in der Lichtwellenleiterstruktur 30 erreicht werden kann. Des weiteren kann man die Anzahl der Messstellen durch die Verwendung eines optischen Schalters (nicht gezeigt in Fig. 4) vergrößert werden.

**[0062]** Im Prinzip sind durch ein Bragg-Gitter äußerst geringe Dehnungen oder Stauchungen erfassbar, wie sie etwa schon bei leichtem Berühren der Scheibe oder, bei größeren Scheiben, durch den Winddruck hervorgerufen werden. Weiterhin werden vergleichbare Verschiebungen der Mittenwellenlänge eines Bragg-Gitters aber auch durch Temperaturschwankungen um einige °C hervorgerufen. Das erfindungsgemäße Sicherheitssystem 70 kann nun so angepasst werden, um je nach spezifischen Anwendungsfall, z.B. je nach Scheibenkonstruktion, einzustellen, ab welcher Wellenlängenverschiebung ein Alarm ausgelöst wird. Eine Unterscheidung zwischen punktuellen thermischen und mechanischen Belastungen ist beispielsweise dadurch möglich, dass beim Biegen einer Scheibe mehrere benachbarte Bragg-Gitter gleichzeitig ansprechen, während die Wärmeausbreitung relativ langsam erfolgt, so dass benachbarte Bragg-Gitter erst im Abstand von einigen Sekunden bis Minuten ansprechen, je nach Abstand und Scheibenaufbau.

**[0063]** Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass es mit der erfindungsgemäßen Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion bzw. dem erfindungsgemäßen Sicherheitssystem möglich ist, eine Analyse eines mechanischen Einwirkens auf die Verglasungsanordnung vorzunehmen, um beispielsweise eine Unterscheidung zwischen dem Einwirken eines oder mehrerer (beabsichtigter) Schläge, die eine Beschädigung der Verglasungsanordnung zur Folge haben sollen, und zufälliger Ereignisse, die auf die Verglasungsanordnung einwirken, wie z.B. ein Überschallknall eines Flugzeuges, ein versehentlich auftreffender Fußball etc., zu treffen. Dabei weist das Auftreten mehrerer Schläge in einem gewissen Zeitraum z.B. auf einen Einbruchversuch bezüglich der Verglasungsanordnung hin, während ein einzelner Schlag innerhalb eines größeren Zeitraums eher auf ein zufälliges Ereignis in der Umgebung hinweist.

**[0064]** Da die Lichtwellenleiterstruktur eine Mehrzahl von Bragg-Filtern aufweist, kann mit der Verarbeitungseinrichtung 90 des Sicherheitssystems 70 ferner eine Auswertung der Sensorergebnisse in Form einer Mustererkennung durchgeführt werden. Dabei kann ein Muster der Veränderung(en) der optischen Eigenschaften der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittelwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter vorgenommen werden, indem die Amplituden der Änderungen der Mittelwellenlängen $\Delta\lambda_B$ der jeweiligen mechanischen Einwirkung(en) und ferner des zeitlichen Auftreten der Veränderungen der Mittelwellenlängen $\Delta\lambda_B$ analysiert werden.

**[0065]** Bei einer mechanischen Belastung, die z.B. in Form einer heftigen Schlag- oder Stoßbelastung relativ lokal auf die Verglasungsanordnung einwirkt, wird sich eine mechanische Verformung in dem Glasmaterial der Verglasungsanordnung ausgehend von dem Einwirkungspunkt (z.B. wellenartig) ausbreiten, so dass eine Mustererkennung bzw. Schlagmustererkennung hinsichtlich der einwirkenden mechanischen Belastung vorgenommen werden kann. So wird sich ausgehend von dem Einschlag- bzw. Auftreffpunkt auf der Verglasung ein mit der Entfernung und der Zeit abnehmendes Musters von Veränderungen $\Delta\lambda_B$ der optischen Eigenschaften der Lichtwellenleiterstruktur, d.h. deren Amplitude und zeitliches Auftreten, von den jeweiligen Mittelwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter ergeben.

**[0066]** Tritt nun beispielsweise eine starke mechanische Belastung in Form eines sogenannten Überschallknalls eines Flugzeuges auf, (d.h. basiert die mechanische Belastung auf einer starken akustischen Quelle in der näheren oder auch fernen Umgebung) wird sich diese mechanische Belastung relativ gleichmäßig über der Oberfläche der Verglasungsanordnung verteilen, so dass sich ein gleichmäßiger verteiltes Musters der Veränderung(en) $\Delta\lambda_B$ der optischen Eigenschaften der Lichtwellenleiterstruktur, d.h. deren Amplitude und zeitliches Auftreten, von den jeweiligen Mittelwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter, d.h. im Wesentlichen aller Bragg-Filter, ergeben wird.

**[0067]** Somit ist eine deutliche Unterscheidung zwischen sehr lokal auftretenden mechanischen Belastungen, die sich beispielsweise in Form mehrerer einwirkender Schläge wiederholen können, und zufälligen Einzelereignissen, die auf die Verglasungsanordnung einwirken, möglich. Die Lichtwellenleiterstruktur mit den Bragg-Filtern wird dabei beispielsweise bis im Mikrosekunden-Takt, z.B. mit einem Takt von zumindest 1ms, 0,1ms oder 10$\mu$s (z.B. 1ms bis 50$\mu$s) und einer Auslesefrequenz von zumindest 1 kHz, 10 kHz oder 100 kHz (z.B. 1 bis 20 kHz) ausgelesen, um eine ausreichende Auflösung des sich ergebenden Musters bei einem mechanischen Einwirken auf die Verglasungsstruktur zu erhalten.

**[0068]** Die Signalerfassungseinrichtung 82 kann also ausgebildet sein, um basierend auf den Veränderungen $\Delta\lambda_B$ der optischen Eigenschaften der derselben Bragg-Filter der Lichtwellenleiterstruktur ein Erfassungssignal $S_e$ bereitzustellen, das bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine Information über die mechanische Beanspruchung an dem jeweiligen Ort der betroffenen Bragg-Filter aufweist, und das ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine Information über die thermische Beanspruchung an dem jeweiligen Ort der betroffenen Bragg-Filter aufweist. Die erfasste Änderung $\Delta\lambda_B$ der optischen Eigenschaften jedes der Bragg-Filters kann also zur Beurteilung Unterscheidung sowohl einer mechanischen als auch einer thermischen Beanspruchung genutzt werden. Die Verarbeitungseinrichtung 90 kann nun ausgebildet sein, um das Erfassungssignal $S_e$

dahin gehend auszuwerten, um bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine örtliche Verteilung der mechanischen Beanspruchung über dem flächigen Verglasungselement zu ermitteln, und um ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine örtliche Verteilung der thermischen Beanspruchung über dem flächigen Verglasungselement 20 zu ermitteln. Die örtliche Verteilung der mechanischen und der thermischen Beanspruchung basiert dabei auf der örtlichen Verteilung der Mehrzahl von Bragg-Filtern an dem flächigen Verglasungselement 20.

**[0069]** Mit einer ausreichend hohen Auslesefrequenz von z.B. mehr als 1 kHz ist es möglich, eine Unterscheidung zwischen der oben beschriebenen mechanischen Belastung, die z.B. in Form einer heftigen Schlag- oder Stoßbelastung relativ lokal auf die Verglasungsanordnung einwirkt, und einer starken mechanischen Belastung, die sich relativ gleichmäßig über einen größeren Bereich der Oberfläche oder den gesamten Bereich der Oberfläche der Verglasungsanordnung verteilt, zu treffen, obwohl entsprechende mechanische Belastungen bzw. deren Auswirkungen in Form von Vibrationen etc. der Verglasungsanordnung relativ schnell, z.B. im Bereich von *1 $\mu$s bis 10 ms*, abklingen können.

**[0070]** Darüber hinaus wird erreicht, dass ausreichend viele Informationen mittels des optischen Auskoppelsignals der Lichtwellenleiterstruktur 30 bereitgestellt wird, um eine Unterscheidung hinsichtlich des Auftretens jeglicher From einer kurzzeitigen, mechanischen Belastung, deren Auswirkungen relativ schnell abklingen, und hinsichtlich einer thermischen Beanspruchung zu treffen, die aufgrund einer relativ langsamen Wärmeausbreitung über die Verglasungsanordnung mit einer größeren zeitlichen Verzögerung benachbarte Bragg-Gitter erst im Abstand von einigen Sekunden bis Minuten erreicht, je nach Abstand des jeweiligen Bragg-Gitters und des spezifischen Scheibenaufbaus.

**[0071]** Somit ist also festzustellen, dass das Auftreten unterschiedlicher mechanischer Beanspruchungen als auch thermischer Beanspruchungen der Verglasungsanordnung bzw. deren jeweilige örtliche Verteilung entsprechend der Verteilung der Mehrzahl von Bragg-Filtern an dem flächigen Verglasungselement sehr genau aufgelöst werden kann, wenn die Auslesefrequenz ausreichend hoch gewählt wird. Somit können die Veränderungen $\Delta\lambda_B$ der optischen Eigenschaften jedes Bragg-Filters genutzt werden, um sowohl das Auftreten mechanischer Beanspruchungen (oder unterschiedlicher mechanischer Beanspruchungen) als auch thermischer Beanspruchungen (oder unterschiedlicher thermischer Beanspruchungen) der Verglasungsanordnung bzw. deren jeweilige örtliche Verteilung zu erfassen.

**[0072]** Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass beispielsweise bei einer Verbundglasanordnung für das Verglasungselement innerhalb der Verbundanordnung eine wärmeleitende Folie, d. h. eine Folie mit einer gegenüber dem umgebenden Glasmaterial erhöhten Wärmeleiteigenschaft, verwendet werden kann, um beim Einwirken einer punktuellen, thermischen Wärmequelle die einwirkende thermische Beanspruchung möglichst schnell über das Verglasungselement zu verteilen, um nahezu in Echtzeit eine ausreichend hohe Erwärmung des Glasmaterials in der Nähe eines Bragg-Filterelements in der Lichtwellenleiterstruktur 30 vorzusehen, um unmittelbar (innerhalb weniger Sekunden) eine auf eine Manipulation hinweisende Wärmeeinwirkung zu erfassen.

**[0073]** Im Folgenden wird nun anhand von Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel für ein prinzipielles Verfahren 100 zum Erfassen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung eines flächigen Verglasungselements beschrieben, wobei an dem flächigen Verglasungselement eine Lichtwellenleiterstruktur mit einem optischen Filterelement angeordnet ist. Bei dem Verfahren 100 wird zunächst bei einem ersten Schritt 102 ein optisches Signal in die Lichtwellenleiterstruktur eingekoppelt. Ferner wird ein optisches Signal, z.B. in Form eines Reflexionssignals oder eines Transmissionssignals, der Lichtwellenleiterstruktur erfasst und in ein elektrisches Erfassungssignals basierend auf dem erfassten, optischen Signal der Lichtwellenleiterstruktur umgewandelt (Schritt 104). Dieses elektrische Erfassungssignal oder ein davon abgeleitetes Signal wird nun ausgewertet (Schritt 106), um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln.

**[0074]** Als optionaler Schritt 108 kann das elektrische Erfassungssignal oder das davon abgeleitete Signal mit einem Vergleichwert verglichen werden, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal außerhalb eines Sollbereichs befindet, wobei dies auf eine Überschreitung eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung an dem flächigen Verglasungselement hinweist. Dabei kann der Vergleichswert fest vorgegeben sein oder als relativer Vergleichswert basierend auf einer statistischen Aufbereitung einer Mehrzahl von vorhergehenden Messwerten des elektrischen Erfassungssignals ermittelt werden.

**[0075]** Im Folgenden werden nochmals Aspekte des erfindungsgemäßen Konzepts für eine Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion bzw. ein Sicherheitssystem für eine Verglasungsanordnung zusammenfassend dargelegt.

**[0076]** Bei einem Einbruchsversuch soll beispielsweise das Sicherheitsglas einer eine Auslage eines Juweliers oder eine sonstige Auslage schützenden Scheibe mittels eines Gasbrenners unter Wärmzuführung bzw. Hitze so in der Stabilität verändert werden, um das Sicherheitsglas zumindest bereichsweise so zu schmelzen, damit ein Zugriff auf den hinter dem Sicherheitsglas liegenden, zu schützenden Bereich für eine unberechtigte Person (z.B. einen Einbrecher) ermöglicht wird. Ein Einbrecher hat somit relativ schnell Zugriff auf die hinter dem Sicherheitsglas ausgestellten Wertgegenstände, da bisherige Bruchsensoren oder Erschütterungssensoren häufig nicht auf den Einsatz eines Gasbrenners ansprechen und somit auch keinerlei Alarm ausgelöst wird. Deshalb mussten bisher zur Identifizierung einer Wärmequelle im Sicherheitsbereich zusätzlich aufwändige Wärmebildkameras eingesetzt werden, um eine zeitnahe Informationen

erhalten.

**[0077]** Das erfindungsgemäße Konzept besteht nun darin, eine Verglasungsanordnung (Sicherheitsglas) mit einer zuverlässig arbeitenden Sicherheitsfunktion zu versehen, indem an dem flächigen Verglasungselement eine Lichtwellenleiterstruktur mit einem oder mehreren optischen Filterelementen, wie z.B. einem oder mehreren Bragg-Filtern, vorgesehen wird, wobei die Lichtwellenleiterstruktur innerhalb einer Ausnehmung oder Vertiefung in einem mehrschichtigen Sicherheitsglas, z.B. in einer Kapillare oder einer gefrästen Nut, oder nachträglich auf dem Sicherheitsglas in Kapillaren aufgebracht wird. Da nun die Mittenwellenlänge $\lambda_B$ eines Bragg-Filters sowohl von einer mechanischen Dehnung als auch von einer Wärmeeinwirkung abhängt, können nun beispielsweise von Dritten hervorgerufene mechanische oder thermische Beanspruchungen des flächigen Verglasungselements aufgrund einer Übertragung der ausgeübten mechanischen oder thermischen Beanspruchung auf das optische Filterelement sehr schnell bzw. nahezu in Echtzeit, z.B. innerhalb weniger Sekunden, als eine versuchte Manipulation, wie z.B. ein Einbruch, an dem flächigen Verglasungselement erfasst und ein elektronischer Alarm ausgelöst werden, um die unberechtigte Person zu stören bzw. einen Sicherheitsdienst oder die Polizei zu alarmieren.

**[0078]** Darüber hinaus können eine Mehrzahl von Bragg-Filtern innerhalb der Lichtwellenleiterstruktur, die jeweils eine unterschiedliche Mittenwellenlänge $\lambda_B$ aufweisen, optisch in Reihe geschaltet werden, so dass die Lichtwellenleiterstruktur darüber hinaus gleichzeitig auch als Bruchsensor nutzbar ist. Dies ist erfindungsgemäß möglich, da in Richtung des eingekoppelten Signals nach der jeweiligen Bruchstelle des flächigen Verglasungselements und damit der Lichtwellenleiterstruktur keine von den nachfolgenden Bragg-Filtern reflektierten Signale zu der Erfassungsvorrichtung zurückkehren. Damit kann je nach der gewählten örtlichen Verteilung der Bragg-Filter auch eine (zumindest grobe) Lokalisierung der Bruchstelle an dem flächigen Verglasungselement erfolgen.

**[0079]** Eine typische Lichtwellenleiterstruktur mit einem als Bragg-Filter ausgebildeten optischen Filterelement weist beispielsweise einen Durchmesser von 80-200 $\mu$m auf, so dass sie beispielsweise in kleine Kapillaren oder gefräste Nuten mit einem Durchmesser von 200-650 $\mu$m an dem flächigen Verglasungselement angebracht werden kann. Typische Abstände benachbarter Reihen von Lichtwellenleiter oder von benachbarten optischen Filterelementen können dabei beispielsweise im Bereich von 10-100 oder 10-40 cm liegen. Sollte das flächige Verglasungselement beispielsweise ein Verbundglas aufweisen, kann sich die Lichtwellenleiterstruktur in einer Kapillare hinter der ersten Scheibe (bezüglich der Außenseite des flächigen Verglasungselements) befinden. Wie bereits oben erwähnt, ist es dabei möglich, mehrere Bragg-Filter hintereinander zu schalten, um eine bessere Auflösung einer Bruchstelle oder auch eines Ortes des Einwirkens einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu gewährleisten. Dabei kann der erforderliche maximale Abstand zur Anordnung der optischen Filterelemente der Lichtwellenleiterstruktur individuell von dem jeweiligen flächigen Verglasungselement, d.h. dessen Wärmeleitfähigkeit oder Temperaturleitfähigkeit, abhängig gemacht und angepasst werden.

**[0080]** Das erfindungsgemäß Konzept für eine Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion ist auch nachträglich in ein bestehendes Sicherheitsglas integrierbar, wobei bei einem nachträglichen Einbau in vorzusehenden Ausnehmungen oder Aussparungen (z.B. Kapillare oder Nute) die Lichtwellenleiterstruktur(en) mittels einer Folie in einem individuell entsprechend dem jeweiligen Sicherheitsglas zu wählenden Abstand auf das flächige Verglasungselement geklebt werden. Wie bereits oben angegeben ist, können genaue Werte zur exakten Positionierung der Lichtwellenleiterstruktur mit den optischen Filterelementen basierend auf dem Temperaturleitwert bzw. der Wärmeleitfähigkeit des jeweiligen Sicherheitsglases bzw. des Verbundglases erfolgen.

**[0081]** Mittels der als Bruch-, Dehnungs- und Wärmesensor ausgebildeten Lichtwellenleiterstruktur kann man nun sehr effektiv (relativ) große Wärmemengen, z.B. eines Gasbrenners, sehr schnell und nahezu in Echtzeit detektieren. Heutige Gasbrenner haben eine Hitzeabstrahlung von mehr als 1900° Celsius und eine Leistung von über 50 kW. Neben der zugeführten Wärmemenge und der daraus resultierenden Veränderung der jeweiligen Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter kann man gleichzeitig auch mechanische Einwirkungen z.B. in Form einer Dehnung oder eines Bruchs parallel messen. Fehlmessungen bzw. Störungen der Messungen, wie sie beispielsweise durch die Sonneneinstrahlung hervorgerufen werden, können beispielsweise dadurch ausgeschlossen werden, dass einzelne optische Filterelemente als Referenzfilter bzw. benachbarte Bragg-Filter ausgewertet werden, um eine etwaige falsche Beurteilung eines Messergebnisses zu verhindern. So kann beispielsweise ein Vergleichswert, mit dem der jeweilige Messwert des reflektierenden optischen Signals oder einer davon abgeleiteten Größe verglichen wird, mit einem Korrekturfaktor versehen werden, der beispielsweise auf einem Mittelwert oder einer davon abgeleiteten Größe einer Mehrzahl vorhergehender Messwerte des Erfassungssignals ermittelt wird. Entsprechend kann auch der Vergleichswert basierend auf oder aus einem Mittelwert aller erfassten Reflexionsanteile in dem Reflexionssignal ermittelt werden.

**[0082]** Dabei ist zu beachten, dass sich bei einer thermischen Belastung der Verglasungsanordnung die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter (zumindest bereichsweise bzw. bis zu einer Beschädigung der Lichtwellenleiterstruktur) stetig oder kontinuierlich ändern wird, wobei diese Änderung entsprechend auswertbar und einer thermischen Belastung zuordenbar ist. Dagegen wird sich bei einer mechanischen Belastung (in Form einer heftigen Schlag- oder Stoßbelastung und einer entsprechenden Beschädigung) der Verglasungsanordnung die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen

Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter bei einer Beschädigung der Lichtwellenleiterstruktur relativ abrupt bzw. sprunghaft ändern, wobei auch diese Änderung entsprechend auswertbar und einer mechanischen Belastung zuordenbar ist.

**[0083]** Die erfindungsgemäße Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion ist nicht nur zur Prävention oder Erkennung von Einbrüchen, sondern auch an sicherheitsrelevanten Einsatzgebieten anwendbar, bei denen flächige Verglasungselemente z.B. starken thermischen oder mechanischen Belastungen ausgesetzt sind und ferner etwaige erhöhte mechanische oder thermische Belastungszustände möglichst schnell bzw. nahezu in Echtzeit ermittelt werden sollen. So kann beispielsweise die erfindungsgemäße Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion an der Frontscheibe eines Flugzug-Cockpits oder eines sonstigen Fahrzeugs bzw. Schienenfahrzeugs verwendet und entsprechend der erfindungsgemäßen Vorgehensweise überwacht werden. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass eine Lichtwellenleiterstruktur mit einem optischen Filterelement, das als Bruch-, Dehnungs- oder Wärmesensor ausgebildet ist, im Wesentlichen unempfindlich gegenüber elektrischen oder elektromagnetischen Störsignalen ist und somit äußerst zuverlässig und störungsunempfindlich die jeweilige Überwachungsfunktion durchführen kann. Die erfindungsgemäße Verglasungsanordnung mit Sicherheitsfunktion ermöglicht somit, dass die als Dehnungs-, Bruch- und Wärmesensor ausgebildete Lichtwellenleiterstruktur direkt die erforderlichen Informationen hinsichtlich der mechanischen oder thermischen Beanspruchung des zu überwachenden flächigen Verglasungselements liefert, und somit keine unterschiedlichen Sensortypen zur Erfassung von Hitze, Dehnung und Bruch benötigt werden. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass bisher zur Identifizierung einer Wärmequelle im Sicherheitsbereich i. A. aufwändige Wärmebildkameras eingesetzt wurden, sollte eine zeitnahe Information erhalten werden.

**[0084]** Das erfindungsgemäße Konzept für ein Sicherheitsglas ist somit überall dort einsetzbar, wo Wertgegenstände oder sonstige Güter vor einem unberechtigten Zugriff oder Zutritt gesichert werden sollen, wie z.B. Banken, Juweliere, Warenhäuser usw. Neben diesem Einbruchsprävention- bzw. Sicherheitsaspekt kann das erfindungsgemäße Konzept gleichermaßen an flächigen Verglasungselementen eingesetzt werden, die einsatzbedingt relativ starken, mechanischen oder thermischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, um eine übermäßige mechanische oder thermische Beanspruchung des jeweiligen flächigen Verglasungselements möglichst frühzeitig bzw. nahezu in Echtzeit zu erfassen.

**[0085]** Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch eine Hardware-Vorrichtung (oder unter Verwendung einer Hardware-Vorrichtung), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat (Sensor-Interrogator) ausgeführt werden.

**[0086]** Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein. Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

**[0087]** Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft. Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein. Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

**[0088]** Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

**[0089]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

**[0090]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen

Verfahren durchzuführen.

**[0091]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

**[0092]** Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

**[0093]** Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sein.

**[0094]** Gemäß einem Aspekt weist ein Sicherheitssystem 70 für eine Verglasung eine Verglasungsanordnung 10 mit Sicherheitsfunktion mit einem flächigen Verglasungselement 20; und eine Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einem optischen Filterelement 32; wobei die Lichtwellenleiterstruktur 30 mechanisch an dem Verglasungselement 20 angeordnet ist, um bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 zu bewirken, und um ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 zu bewirken; eine Signaleinkoppeleinrichtung 80 zum Einkoppeln eines optischen Signals $S_1$ in die Lichtwellenleiterstruktur 30; eine Signalerfassungseinrichtung 82 zum Erfassen eines optischen Signals $S_{R;}$ $S_{Tr}$ der Lichtwellenleiterstruktur 30 und zum Ausgeben eines elektrischen Erfassungssignals $S_e$ basierend auf dem erfassten optischen Signal $S_R$, $S_{Tr}$; und eine Verarbeitungseinrichtung 90 zum Ansteuern der Signaleinkoppeleinrichtung 80 und zum Auswerten des von der Signalerfassungseinrichtung 82 bereitgestellten Erfassungssignals auf, wobei die Verarbeitungseinrichtung 90 ausgebildet ist, um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30, 32 aufgrund einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 zu ermitteln, und um ferner eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30, 32 aufgrund einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 zu ermitteln.

**[0095]** Das optische Filterelement 32 weist ferner ein Bragg-Filter oder eine Mehrzahl von Bragg-Filtern auf.

**[0096]** Gemäß einem weiteren Aspekt weist die Lichtwellenleiterstruktur 30 des Sicherheitssystems eine Mehrzahl von seriell angeordneten, beabstandeten optischen Filterelementen 32 in Form von Bragg-Filtern auf, wobei die Bragg-Filter jeweils eine unterschiedliche Filtermittenwellenlänge aufweisen.

**[0097]** Die Lichtwellenleiterstruktur 30 ist ferner so angeordnet, dass die Bragg-Filter 32 in einer verteilten Anordnung oder in einem Raster an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet sind.

**[0098]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Lichtwellenleiterstruktur des Sicherheitssystems form-, kraft- oder stoffschlüssig mit dem flächigen Verglasungselement 20 verbunden.

**[0099]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Lichtwellenleiterstruktur 30 des Sicherheitssystems mit den optischen Filterelementen 32 im Material des Verglasungselements integriert. Gemäß einem weiteren Aspekt basiert die Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur des Sicherheitssystems auf einer kraft- und/oder temperaturabhängigen Materialdehnung oder auf einer temperaturabhängigen Brechzahländerung des Materials des als Bragg-Filter ausgebildeten optischen Filterelements.

**[0100]** Gemäß einem weiteren Aspekt weist das Sicherheitssystem ferner eine weitere Lichtwellenleiterstruktur 30' mit zumindest einem weiteren optischen Filterelement 32' in Form eines Bragg-Filters auf.

**[0101]** Die weitere Lichtwellenleiterstruktur 30' weist ferner eine Mehrzahl von seriell angeordneten, beabstandeten optischen, weiteren Filterelementen 32' in Form von Bragg-Filtern auf, wobei die Bragg-Filter jeweils eine unterschiedliche Filtermittenwellenlänge aufweisen.

**[0102]** Die Verarbeitungseinrichtung 90 ist ferner ausgebildet, um das Erfassungssignal $S_e$ oder ein davon abgeleitetes Signal auszuwerten, um basierend auf einem von einer einwirkenden mechanischen und/oder thermischen Belastung betroffenen Filterelement 32' eine räumliche Zuordnung der einwirkenden mechanischen oder thermischen Belastung an dem Verglasungselement zu ermitteln.

**[0103]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Verarbeitungseinrichtung 90 des Sicherheitssystems ausgebildet, um das Erfassungssignal $S_e$ oder ein davon abgeleitetes Signal mit einem Vergleichswert zu vergleichen, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal $S_e$ innerhalb oder außerhalb eines Sollbereichs befindet, wobei ein Verlassen des Sollbereichs auf ein Überschreiten eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements 10 hinweist.

**[0104]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Verarbeitungseinrichtung 90 des Sicherheitssystems ausgebildet, um

das Erfassungssignal $S_e$ dahingehend auszuwerten, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter stetig oder kontinuierlich ändert, um eine thermische Belastung zu ermitteln, und wobei die Verarbeitungseinrichtung 90 ferner ausgebildet ist, um das Erfassungssignal $S_e$ dahingehend auszuwerten, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter abrupt oder sprunghaft ändert, um eine mechanische Belastung zu ermitteln.

**[0105]** Gemäß einem weiteren Aspekt basiert der Vergleichswert des Sicherheitssystems auf einem Mittelwert oder einer davon abgeleiteten Größe einer Mehrzahl vorhergehender Messwerte des Erfassungssignals eines Bragg-Filters oder einer Mehrzahl von Bragg-Filtern basiert.

**[0106]** Gemäß einem weiteren Aspekt basiert das Erfassungssignal $S_e$ oder das davon abgeleitete Signal des Sicherheitssystems auf einer Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des jeweiligen Bragg-Filters oder auf einem Leistungspegel des erfassten Signals basiert.

**[0107]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Verarbeitungseinrichtung 90 des Sicherheitssystems ausgebildet, um ein Hinweis- oder Alarmsignal $S_{out}$ auszugeben, falls eine Überschreitung eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements 20 auftritt.

**[0108]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Signalerfassungseinrichtung 2 des Sicherheitserfassungssystems ausgebildet, um das optische Signal $S_R$, $S_{Tr}$ der Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einer Auslesefrequenz von zumindest 1 kHz auszulesen.

**[0109]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Verarbeitungseinrichtung 90 des Sicherheitserfassungssystems ausgebildet, um das Erfassungssignal dahin gehend auszuwerten, um bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine örtliche Verteilung der mechanischen Beanspruchung über dem flächigen Verglasungselement zu ermitteln, und um ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine örtliche Verteilung der thermischen Beanspruchung über dem flächigen Verglasungselement 20 zu ermitteln.

**[0110]** Gemäß einem anderen Aspekt weist eine Verglasungsanordnung 10 mit Sicherheitsfunktion ein flächiges Verglasungselement 20; und eine Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einem optischen Filterelement 32 auf; wobei die Lichtwellenleiterstruktur 30 mechanisch an dem Verglasungselement 20 angeordnet ist, um bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 zu bewirken, und um ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements 20 eine Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur 30 zu bewirken.

**[0111]** Das optische Filterelement 32 weist ferner ein Bragg-Filter oder eine Mehrzahl von Bragg-Filtern auf.

**[0112]** Gemäß einem weiteren Aspekt weist die Lichtwellenleiterstruktur 30 der Verglasungsanordnung eine Mehrzahl von seriell angeordneten, beabstandeten optischen Filterelementen 32 in Form von Bragg-Filtern auf, wobei die Bragg-Filter jeweils eine unterschiedliche Filtermittenwellenlänge aufweisen.

**[0113]** Die Lichtwellenleiterstruktur 30 ist ferner so angeordnet, dass die Bragg-Filter 32 in einer verteilten Anordnung oder in einem Raster an dem flächigen Verglasungselement 20 angeordnet sind.

**[0114]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Lichtwellenleiterstruktur der Verglasungsanordnung form-, kraft- oder stoffschlüssig mit dem flächigen Verglasungselement 20 verbunden.

**[0115]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Lichtwellenleiterstruktur 30 der Verglasungsanordnung mit den optischen Filterelementen 32 im Material des Verglasungselements integriert.

**[0116]** Gemäß einem weiteren Aspekt basiert die Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur der Verglasungsanordnung auf einer kraft- und/oder temperaturabhängigen Materialdehnung oder auf einer temperaturabhängigen Brechzahländerung des Materials des als Bragg-Filter ausgebildeten optischen Filterelements.

**[0117]** Gemäß einem weiteren Aspekt weist die Verglasungsanordnung ferner eine weitere Lichtwellenleiterstruktur 30' mit zumindest einem weiteren optischen Filterelement 32' in Form eines Bragg-Filters auf.

**[0118]** Die weitere Lichtwellenleiterstruktur 30' weist ferner eine Mehrzahl von seriell angeordneten, beabstandeten optischen, weiteren Filterelementen 32' in Form von Bragg-Filtern auf, wobei die Bragg-Filter jeweils eine unterschiedliche Filtermittenwellenlänge aufweisen.

**[0119]** Gemäß einem anderen Aspekt weist ein Verfahren zum Erfassen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung eines flächigen Verglasungselements 20, wobei an dem flächigen Verglasungselement 20 eine Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einem optischen Filterelement 32 mechanisch angeordnet ist, ein Einkoppeln 102 eines optischen Signals in die Lichtwellenleiterstruktur; ein Erfassen 104 eines optischen Signals der Lichtwellenleiterstruktur und Erzeugen eines elektrischen Erfassungssignals basierend auf dem erfassten, optischen Signal der Lichtwellenleiterstruktur; ein Auswerten 106 des elektrischen Erfassungssignals oder eines davon abgeleiteten Signals auf, um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln, und um ferner eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln.

**[0120]** Das Verfahren weist ferner ein Vergleichen 108 des elektrischen Erfassungssignals oder des davon abgeleiteten Signals mit einem Vergleichswert auf, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal außerhalb eines Sollbereichs

befindet, wobei dies auf ein Überschreiten eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements hinweist.

**[0121]** Gemäß einem weiteren Aspekt weist das Verfahren ferner ein Auswerten des elektrischen Erfassungssignal $S_e$ dahingehend, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter stetig oder kontinuierlich ändert, um eine thermische Belastung zu ermitteln, und ein Auswerten des elektrischen Erfassungssignal $S_e$ dahingehend auf, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlängen $\lambda_B$ der betroffenen Bragg-Filter abrupt oder sprunghaft ändert, um eine mechanische Belastung zu ermitteln.

**[0122]** Der Vergleichswert ist ferner fest vorgegeben oder wird basierend auf einer statistischen Aufbereitung einer Mehrzahl von vorhergehenden Messwerten des elektrischen Erfassungssignals eines oder einer Mehrzahl von Bragg-Filtern ermittelt.

**[0123]** Gemäß einem weiteren Aspekt weist das Verfahren ferner ein Auswerten des Erfassungssignal $S_e$ oder eines davon abgeleiteten Signals auf, um basierend auf einem von einer einwirkenden mechanischen und/oder thermischen Belastung betroffenen Filterelement 32' eine räumliche Zuordnung der einwirkenden mechanischen oder thermischen Belastung an dem Verglasungselement zu ermitteln.

**[0124]** Ein anderer Aspekt weist ein Computerprogramm auf mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens zum Erfassen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung eines flächigen Verglasungselements 20, wobei an dem flächigen Verglasungselement 20 eine Lichtwellenleiterstruktur 30 mit einem optischen Filterelement 32 mechanisch angeordnet ist, das ein Einkoppeln 102 eines optischen Signals in die Lichtwellenleiterstruktur; ein Erfassen 104 eines optischen Signals der Lichtwellenleiterstruktur und Erzeugen eines elektrischen Erfassungssignals basierend auf dem erfassten, optischen Signal der Lichtwellenleiterstruktur; ein Auswerten 106 des elektrischen Erfassungssignals oder eines davon abgeleiteten Signals aufweist, um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln, und um ferner eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln, wenn das Programm auf einem Computer oder einem Mikroprozessor abläuft.

## Patentansprüche

**1.** Sicherheitssystem (70) für eine Verglasung, mit folgenden Merkmalen:

einer Verglasungsanordnung (10) mit Sicherheitsfunktion mit einem flächigen Verglasungselement (20); und einer Lichtwellenleiterstruktur (30) mit einem optischen Filterelement (32); wobei die Lichtwellenleiterstruktur (30) mechanisch an dem Verglasungselement (20) angeordnet ist, um bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements (20) eine Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30) zu bewirken, und um ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements (20) eine Änderung einer optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30) zu bewirken, wobei das optische Filterelement (32) ein Bragg-Filter oder eine Mehrzahl von Bragg-Filtern aufweist;

einer Signaleinkoppeleinrichtung (80) zum Einkoppeln eines optischen Signals ($S_1$) in die Lichtwellenleiterstruktur (30);

einer Signalerfassungseinrichtung (82) zum Erfassen eines optischen Signals ($S_{R;}$ $S_{Tr}$) der Lichtwellenleiterstruktur (30) und zum Ausgeben eines elektrischen Erfassungssignals ($S_e$) basierend auf dem erfassten optischen Signal ($S_R$, $S_{Tr}$); und

einer Verarbeitungseinrichtung (90) zum Ansteuern der Signaleinkoppeleinrichtung (80) und zum Auswerten des von der Signalerfassungseinrichtung (82) bereitgestellten Erfassungssignals,

wobei die Verarbeitungseinrichtung (90) ausgebildet ist, um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30, 32) aufgrund einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements (20) zu ermitteln, und um ferner eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30, 32) aufgrund einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements (20) zu ermitteln, und ferner ausgebildet ist, um zwischen der Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30, 32) aufgrund einer mechanischen Beanspruchung und der Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30, 32) aufgrund einer thermischen Beanspruchung zu unterscheiden; und

wobei die Verarbeitungseinrichtung (90) ferner ausgebildet ist, um das Erfassungssignal ($S_e$) dahingehend auszuwerten, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des betroffenen Bragg-Filters stetig oder kontinuierlich ändert, um eine thermische Belastung zu ermitteln, und wobei die Verarbeitungseinrichtung (90) ferner ausgebildet ist, um das Erfassungssignal ($S_e$) dahingehend auszuwerten, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des betroffenen Bragg-Filters abrupt oder sprunghaft ändert, um eine mechanische Be-

lastung zu ermitteln.

2. Sicherheitssystem nach Anspruch 1, wobei die Lichtwellenleiterstruktur (30) eine Mehrzahl von seriell angeordneten, beabstandeten optischen Filterelementen (32) in Form von Bragg-Filtern aufweist, wobei die Bragg-Filter jeweils eine unterschiedliche Filtermittenwellenlänge aufweisen.

3. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lichtwellenleiterstruktur form-, kraft- oder stoffschlüssig mit dem flächigen Verglasungselement (20) verbunden ist.

4. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lichtwellenleiterstruktur (30) mit den optischen Filterelementen (32) im Material des Verglasungselements integriert ist.

5. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit folgenden Merkmalen:

einer weiteren Lichtwellenleiterstruktur (30') mit zumindest einem weiteren optischen Filterelement (32') in Form eines Bragg-Filters.

6. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungseinrichtung (90) ausgebildet ist, um das Erfassungssignal ($S_e$) oder ein davon abgeleitetes Signal mit einem Vergleichswert zu vergleichen, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal ($S_e$) innerhalb oder außerhalb eines Sollbereichs befindet, wobei ein Verlassen des Sollbereichs auf ein Überschreiten eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements (10) hinweist.

7. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Vergleichswert auf einem Mittelwert oder einer davon abgeleiteten Größe einer Mehrzahl vorhergehender Messwerte des Erfassungssignals eines Bragg-Filters oder einer Mehrzahl von Bragg-Filtern basiert.

8. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungssignal ($S_e$) oder das davon abgeleitete Signal auf einer Mittenwellenlänge ($\lambda_B$) des jeweiligen Bragg-Filters oder auf einem Leistungspegel des erfassten Signals basiert.

9. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Signalerfassungseinrichtung (82) ausgebildet ist, um das optische Signal ($S_R$, $S_{Tr}$) der Lichtwellenleiterstruktur (30) mit einer Auslesefrequenz von zumindest 1 kHz auszulesen.

10. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungseinrichtung (90) ausgebildet ist, um das Erfassungssignal dahin gehend auszuwerten, um bei einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements (20) eine örtliche Verteilung der mechanischen Beanspruchung über dem flächigen Verglasungselement zu ermitteln, und um ferner bei einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements (20) eine örtliche Verteilung der thermischen Beanspruchung über dem flächigen Verglasungselement (20) zu ermitteln.

11. Verfahren zum Erfassen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung eines flächigen Verglasungselements (20), wobei an dem flächigen Verglasungselement (20) eine Lichtwellenleiterstruktur (30) mit einem optischen Filterelement (32) mechanisch angeordnet ist, wobei das optische Filterelement (32) ein Bragg-Filter oder eine Mehrzahl von Bragg-Filtern aufweist, mit folgenden Schritten:

Einkoppeln (102) eines optischen Signals in die Lichtwellenleiterstruktur;
Erfassen (104) eines optischen Signals der Lichtwellenleiterstruktur und Erzeugen eines elektrischen Erfassungssignals basierend auf dem erfassten, optischen Signal der Lichtwellenleiterstruktur;
Auswerten (106) des elektrischen Erfassungssignals oder eines davon abgeleiteten Signals, um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer mechanischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln, und um ferner eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln, und um ferner zwischen der Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30, 32) aufgrund einer mechanischen Beanspruchung und der Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur (30, 32) aufgrund einer thermischen Beanspruchung zu unterscheiden;
Auswerten des elektrischen Erfassungssignal ($S_e$) dahingehend, ob sich die optische Eigenschaft der Licht-

wellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des betroffenen Bragg-Filters stetig oder kontinuierlich ändert, um eine thermische Belastung zu ermitteln, und
Auswerten des elektrischen Erfassungssignal ($S_e$) dahingehend, ob sich die optische Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur in Form der jeweiligen Mittenwellenlänge $\lambda_B$ des betroffenen Bragg-Filters abrupt oder sprunghaft ändert, um eine mechanische Belastung zu ermitteln.

**12.** Verfahren nach Anspruch 11, ferner mit folgendem Schritt:

Vergleichen (108) des elektrischen Erfassungssignals oder des davon abgeleiteten Signals mit einem Vergleichswert, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal außerhalb eines Sollbereichs befindet, wobei dies auf ein Überschreiten eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements hinweist.

**13.** Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei der Vergleichswert fest vorgegeben ist oder basierend auf einer statistischen Aufbereitung einer Mehrzahl von vorhergehenden Messwerten des elektrischen Erfassungssignals eines oder einer Mehrzahl von Bragg-Filtern ermittelt wird.

**14.** Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, ferner mit folgenden Schritten:

Auswerten des Erfassungssignal ($S_e$) oder eines davon abgeleiteten Signals, um basierend auf einem von einer einwirkenden mechanischen und/oder thermischen Belastung betroffenen Filterelement (32') eine räumliche Zuordnung der einwirkenden mechanischen oder thermischen Belastung an dem Verglasungselement zu ermitteln.

**15.** Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wenn das Programm auf einem Computer oder einem Mikroprozessor abläuft.

## Claims

**1.** Safety system (70) for glazing, comprising:

a glazing arrangement (10) having a safety function having a planar glazing element (20); and an optical waveguide structure (30) having an optical filter element (32); the optical waveguide structure (30) being mechanically arranged on the glazing element (20) so as to cause a change in an optical property of the optical waveguide structure (30) when the planar glazing element (20) is subject to mechanical stress, and so as to further cause a change in an optical property of the optical waveguide structure (30) when the planar glazing element (20) is subject to thermal stress, the optical filter element (32) comprising a Bragg filter or a plurality of Bragg filters;
signal coupling means (80) for coupling an optical signal ($S_1$) into the optical waveguide structure (30);
signal detecting means (82) for detecting an optical signal ($S_R$; $S_{Tr}$) of the optical waveguide structure (30) and for emitting an electric detection signal ($S_e$) on the basis of the detected optical signal ($S_R$, $S_{Tr}$); and
processing means (90) for controlling the signal coupling means (80) and for evaluating the detection signal provided by the signal detecting means (82),
the processing means (90) being configured to determine a change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a mechanical stress of the planar glazing element (20), and to further determine a change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a thermal stress of the planar glazing element (20), and further being configured to distinguish between the change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a mechanical stress and the change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a thermal stress; and
the processing means (90) further being configured to evaluate the detection signal ($S_e$) in terms of whether the optical property of the optical waveguide structure in the form of the respective central wavelength $\lambda_B$ of the Bragg filter concerned changes steadily or continuously so as to determine a thermal load, and the processing means (90) further being configured to evaluate the detection signal ($S_e$) in terms of whether the optical property of the optical waveguide structure in the form of the respective central wavelength $\lambda_B$ of the Bragg filter concerned changes abruptly or erratically so as to determine a mechanical load.

**2.** Safety system as claimed in claim 1, wherein the optical waveguide structure (30) comprises a plurality of serially

arranged, spaced-apart optical filter elements (32) in the form of Bragg filters, the Bragg filters each having a different central filter wavelength.

**3.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the optical waveguide structure is connected to the planar glazing element (20) in a positive, non-positive or firmly bonded manner.

**4.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the optical waveguide structure (30) comprising the optical filter elements (32) is integrated within the material of the glazing element.

**5.** Safety system as claimed in any of the previous claims, further comprising:

a further optical waveguide structure (30') comprising at least one further optical filter element (32') in the form of a Bragg filter.

**6.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the processing means (90) is configured to compare the detection signal ($S_e$) or a signal derived therefrom to a comparison value so as to determine whether the detection signal ($S_e$) is within or outside a target range, wherein leaving the target range indicates exceeding of a limiting value for a mechanical or thermal load of the planar glazing element (10).

**7.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the comparison value is based on a mean value, or a magnitude derived therefrom, of a plurality of previous measurement values of the detection signal of a Bragg filter or of a plurality of Bragg filters.

**8.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the detection signal ($S_e$) or the signal derived therefrom is based on a central wavelength ($\lambda_B$) of the respective Bragg filter or on a power level of the detected signal.

**9.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the signal detecting means (82) is configured to read out the optical signal ($S_R$, $S_{Tr}$) of the optical waveguide structure (30) at a readout frequency of at least 1 kHz.

**10.** Safety system as claimed in any of the previous claims, wherein the processing means (90) is configured to evaluate the detection signal so as to determine, when the planar glazing element (20) is subject to mechanical stress, local spreading of the mechanical stress across the planar glazing element, and to further determine, when the planar glazing element (20) is subject to thermal stress, local spreading of the thermal stress across the planar glazing element (20).

**11.** Method of detecting a mechanical or thermal stress of a planar glazing element (20), an optical waveguide structure (30) comprising an optical filter element (32) being mechanically arranged on the planar glazing element (20), the optical filter element (32) comprising a Bragg filter or a plurality of Bragg filters, the method comprising:

coupling (102) an optical signal into the optical waveguide structure;
detecting (104) an optical signal of the optical waveguide structure and generating an electric detection signal on the basis of the detected optical signal of the optical waveguide structure;
evaluating (106) the electric detection signal or a signal derived therefrom so as to determine a change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a mechanical stress of the planar glazing element (20), and to further determine a change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a thermal stress of the planar glazing element (20), and to further distinguish between the change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a mechanical stress and the change in the optical property of the optical waveguide structure (30, 32) that is due to a thermal stress;
evaluating the electric detection signal ($S_e$) in terms of whether the optical property of the optical waveguide structure in the form of the respective central wavelength $\lambda_B$ of the Bragg filter concerned changes steadily or continuously so as to determine a thermal load, and
evaluating the electric detection signal ($S_e$) in terms of whether the optical property of the optical waveguide structure in the form of the respective central wavelength $\lambda_B$ of the Bragg filter concerned changes abruptly or erratically so as to determine a mechanical load.

**12.** Method as claimed in claim 11, further comprising:

comparing (108) the electric detection signal or the signal derived therefrom to a comparison value so as to

determine whether the detection signal is within or outside a target range, this indicating exceeding of a limiting value for a mechanical or thermal load of the planar glazing element (10).

**13.** Method as claimed in claim 11 or 12, wherein the comparison value is fixed or is determined on the basis of a statistical treatment of a plurality of previous measurement values of the electric detection signal of one or a plurality of Bragg filters.

**14.** Method as claimed in any of claims 11 to 13, further comprising:

evaluating the detection signal ($S_e$) or a signal derived therefrom so as to determine, on the glazing element, on the basis of a filter element (32') affected by the action of a mechanical and/or thermal load, a spatial association of the mechanical or thermal load that is acting.

**15.** Computer program comprising a program code for performing the method as claimed in any of claims 11 to 14, when the program runs on a computer or microprocessor.

**Revendications**

**1.** Système de sécurité (70) pour un vitrage, aux caractéristiques suivantes:

un ensemble de vitrage (10) à fonction de sécurité avec un élément de vitrage plat (20); et une structure de guide d'ondes de lumière (30) avec un élément de filtre optique (32); dans lequel la structure de guide d'ondes de lumière (30) est disposée mécaniquement sur l'élément de vitrage (20) pour provoquer, en cas de sollicitation mécanique de l'élément de vitrage plat (20), une modification d'une propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30), et pour provoquer par ailleurs, en cas de sollicitation thermique de l'élément de vitrage plat (20), une modification d'une propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30), l'élément de filtre optique (32) présentant un filtre de Bragg ou une pluralité de filtres de Bragg;
un dispositif de couplage de signal (80) destiné à coupler un signal optique ($S_1$) dans la structure de guide d'ondes de lumière (30);
un moyen de détection de signal (82) destiné à détecter un signal optique ($S_R$; $S_{Tr}$) de la structure de guide d'ondes de lumière (30) et à sortir un signal de détection électrique ($S_e$) sur base du signal optique détecté ($S_R$, $S_{Tr}$); et
un moyen de traitement (90) destiné à activer le dispositif de couplage de signal (80) et à évaluer le signal de détection mis à disposition par le moyen de détection de signal (82),
dans lequel le moyen de traitement (90) est réalisé pour déterminer une modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30, 32) sur base d'une sollicitation mécanique de l'élément de vitrage plat (20), et pour déterminer par ailleurs une modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30, 32) sur base d'une sollicitation thermique de l'élément de vitrage plat (20), et est réalisé par ailleurs pour distinguer entre la modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30, 32) sur base d'une charge mécanique et la modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30, 32) sur base d'une charge thermique; et
dans lequel le moyen de traitement (90) est par ailleurs réalisé pour évaluer le signal de détection ($S_e$) pour savoir si la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière sous forme de la longueur d'onde moyenne respective $\lambda_B$ du filtre de Bragg concerné varie de manière constante ou en continu, pour déterminer une sollicitation thermique, et dans lequel le moyen de traitement (90) est par ailleurs réalisé pour évaluer le signal de détection ($S_e$) pour savoir si la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière sous forme de la longueur d'onde moyenne respective $\lambda_B$ du filtre de Bragg concerné varie de manière abrupte ou par sauts, pour déterminer une sollicitation mécanique.

**2.** Système de sécurité selon la revendication 1, dans lequel la structure de guide d'ondes de lumière (30) présente une pluralité d'éléments de filtre optiques (32) sous forme de filtres de Bragg disposés en série, distants l'un de l'autre, les filtres de Bragg présentant, chacun, une longueur d'onde moyenne de filtre différente.

**3.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la structure de guide d'ondes de lumière est connectée en liaison de forme, de force ou d'étanchéité aux poussières à l'élément de vitrage plat (20).

**4.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la structure de guide d'ondes de

lumière (30) avec les éléments de filtre optique (32) est intégré dans le matériau de l'élément de vitrage.

**5.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, par ailleurs aux caractéristiques suivantes:

une autre structure de guide d'ondes de lumière (30') avec au moins un autre élément de filtre optique ($32_i$) sous forme d'un filtre de Bragg.

**6.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moyen de traitement (90) est réalisé pour comparer le signal de détection ($S_e$) ou un signal dérivé de ce dernier avec une valeur de comparaison, pour déterminer si le signal de détection ($S_e$) se situe dans ou en-dehors d'une plage de consigne, le fait de sortir de la plage de consigne indiquant un dépassement d'une valeur limite pour une charge mécanique ou thermique de l'élément de vitrage plat (10).

**7.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la valeur de comparaison se base sur une valeur moyenne ou une grandeur dérivée de cette dernière d'une pluralité de valeurs de mesure précédentes du signal de détection d'un filtre de Bragg ou d'une pluralité de filtres de Bragg.

**8.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le signal de détection ($S_e$) ou le signal dérivé de ce dernier se base sur une longueur d'onde moyenne ($\lambda_B$) du filtre de Bragg respectif ou sur un niveau de puissance du signal détecté.

**9.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moyen de détection de signal (82) est réalisé pour lire le signal optique ($S_R$, $S_{Tr}$) de la structure de guide d'ondes de lumière (30) à une fréquence de lecture d'au moins 1 kHz.

**10.** Système de sécurité selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moyen de traitement (90) est réalisé pour évaluer le signal de détection pour déterminer, en cas de sollicitation mécanique de l'élément de vitrage plat, une répartition locale de la sollicitation mécanique sur l'élément de vitrage plat (20), et par ailleurs pour déterminer, en cas de sollicitation thermique de l'élément de vitrage plat (20), une répartition locale de la sollicitation thermique sur l'élément de vitrage plat (20).

**11.** Procédé pour détecter une sollicitation mécanique ou thermique d'un élément de vitrage plat (20), sur l'élément de vitrage plat (20) étant disposée mécaniquement une structure de guide d'ondes de lumière (30) avec un élément de filtre optique (32), l'élément de filtre optique (32) présentant un filtre de Bragg ou une pluralité de filtres de Bragg, aux étapes suivantes consistant à:

coupler (102) un signal optique dans la structure de guide d'ondes de lumière;
détecter (104) un signal optique de la structure de guide d'ondes de lumière et générer un signal de détection électrique sur base du signal optique détecté de la structure de guide d'ondes de lumière;
évaluer (106) le signal de détection électrique ou un signal dérivé de ce dernier, pour déterminer une modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière sur base d'une sollicitation mécanique de l'élément de vitrage plat, et pour déterminer par ailleurs une modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière sur base d'une sollicitation thermique de l'élément de vitrage plat, et pour distinguer par ailleurs entre la modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30, 32) sur base d'une sollicitation mécanique et la modification de la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière (30, 32) sur base d'une sollicitation thermique;
évaluer le signal de détection électrique ($S_e$) pour savoir si la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière sous forme de la longueur d'onde moyenne respective $\lambda_B$ du filtre de Bragg concerné varie de manière constante ou en continu, pour déterminer une charge thermique, et
évaluer le signal de détection électrique ($S_e$) pour savoir si la propriété optique de la structure de guide d'ondes de lumière sous forme de la longueur d'onde moyenne respective $\lambda_B$ du filtre de Bragg concerné varie de manière abrupte ou par sauts, pour déterminer une charge mécanique.

**12.** Procédé selon la revendication 11, par ailleurs à l'étape suivante consistant à:

comparer (108) le signal de détection électrique ou le signal dérivé de ce dernier avec une valeur de comparaison, pour déterminer si le signal de détection se situe en-dehors d'une plage de consigne, cela indiquant un dépassement d'une valeur limite pour une charge mécanique ou thermique de l'élément de vitrage plat.

**13.** Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel la valeur de comparaison est prédéterminée de manière fixe ou est déterminée sur base d'un traitement statistique d'une pluralité de valeurs de mesure précédentes du signal de détection électrique d'un ou d'une pluralité de filtres de Bragg.

**14.** Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, par ailleurs aux étapes suivantes consistant à:

évaluer le signal de détection ($S_e$) ou un signal dérivé de ce dernier pour déterminer, sur base d'un élément de filtre (32') concerné par une charge mécanique et/ou thermique agissante, une association spatiale de la charge mécanique ou thermique agissante à l'élément de vitrage.

**15.** Programme d'ordinateur avec un code de programme pour réaliser le procédé selon l'une des revendications 11 à 14 lorsque le programme est exécuté sur un ordinateur ou un microprocesseur.

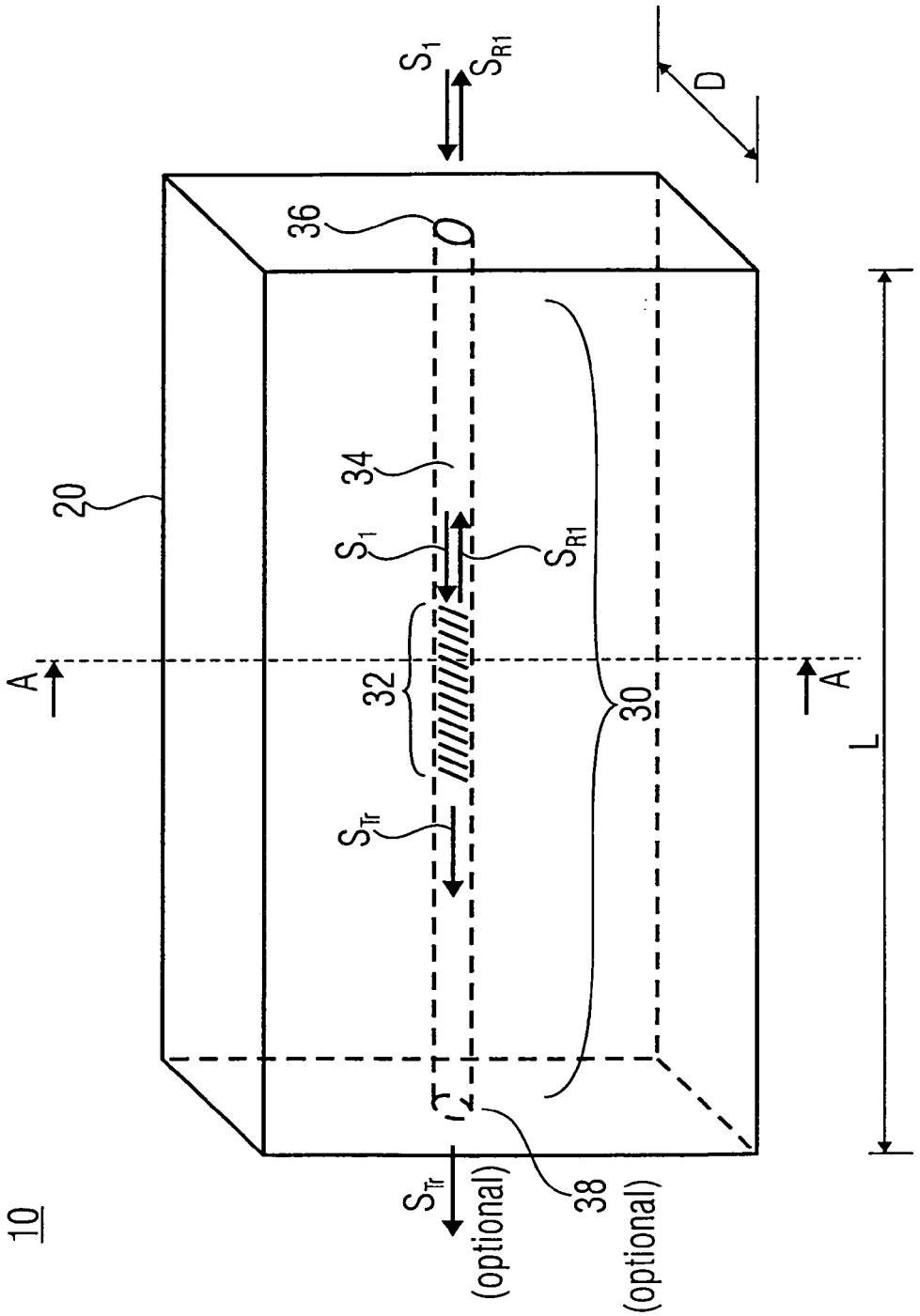



FIG 1A

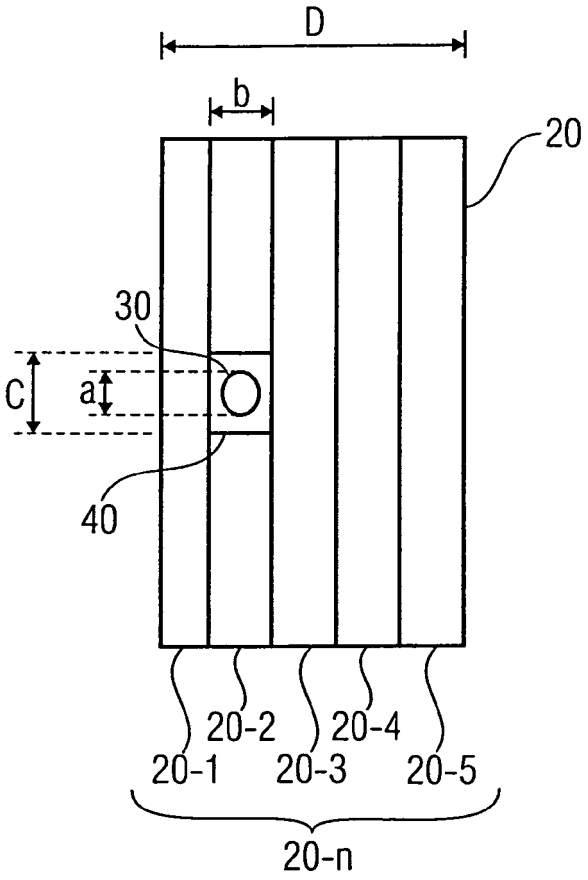

D
b
20
30
C
a
40
20-2
20-4
20-1
20-3
20-5
20-n

FIG 1B

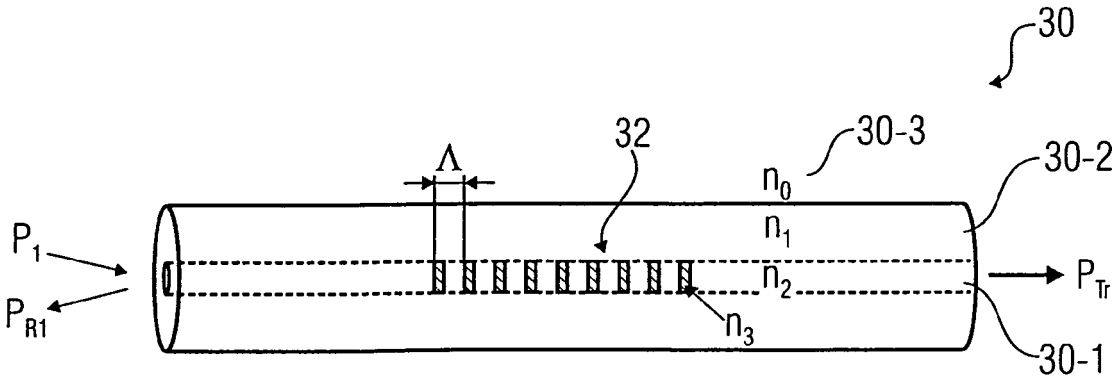

30
32
Λ
30-3
$n_0$
30-2
$n_1$
$P_1$
$n_2$
$P_{Tr}$
$P_{R1}$
$n_3$
30-1

FIG 2A

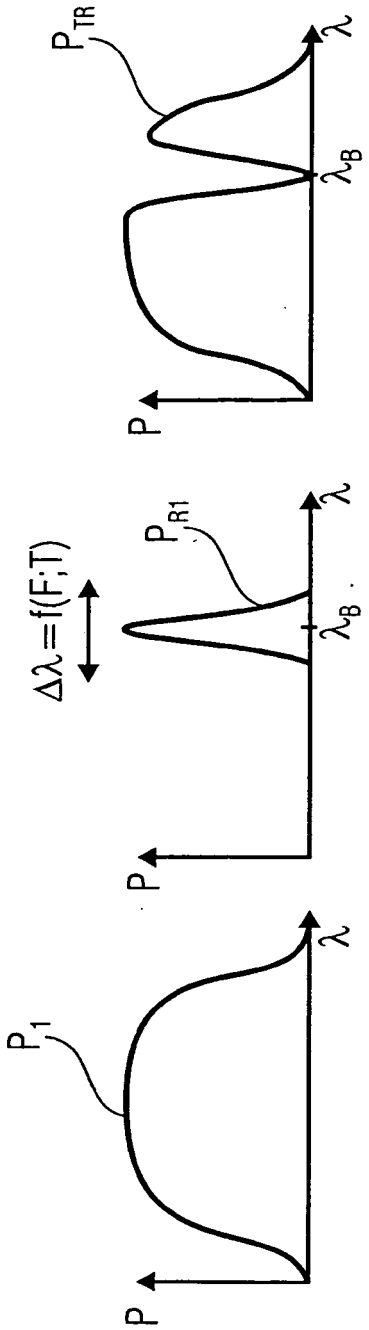



FIG 2B

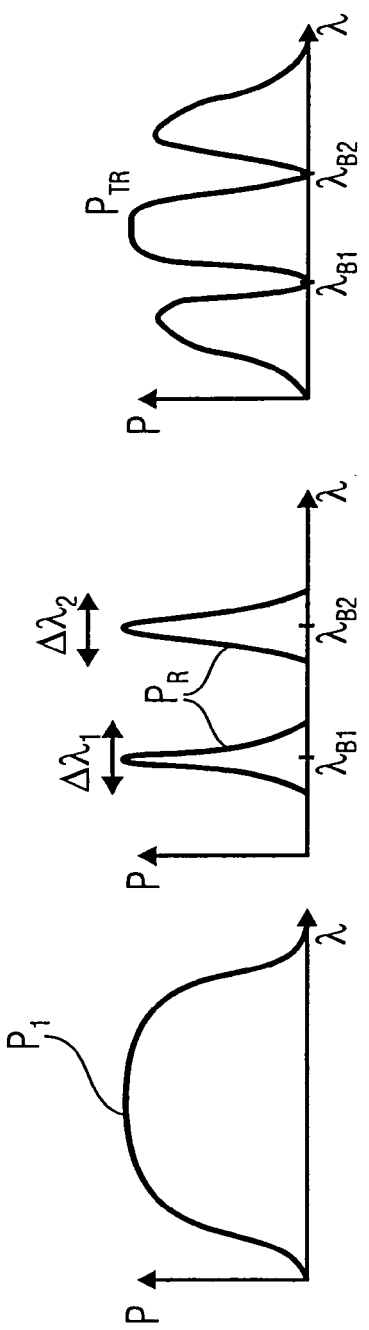



FIG 2C

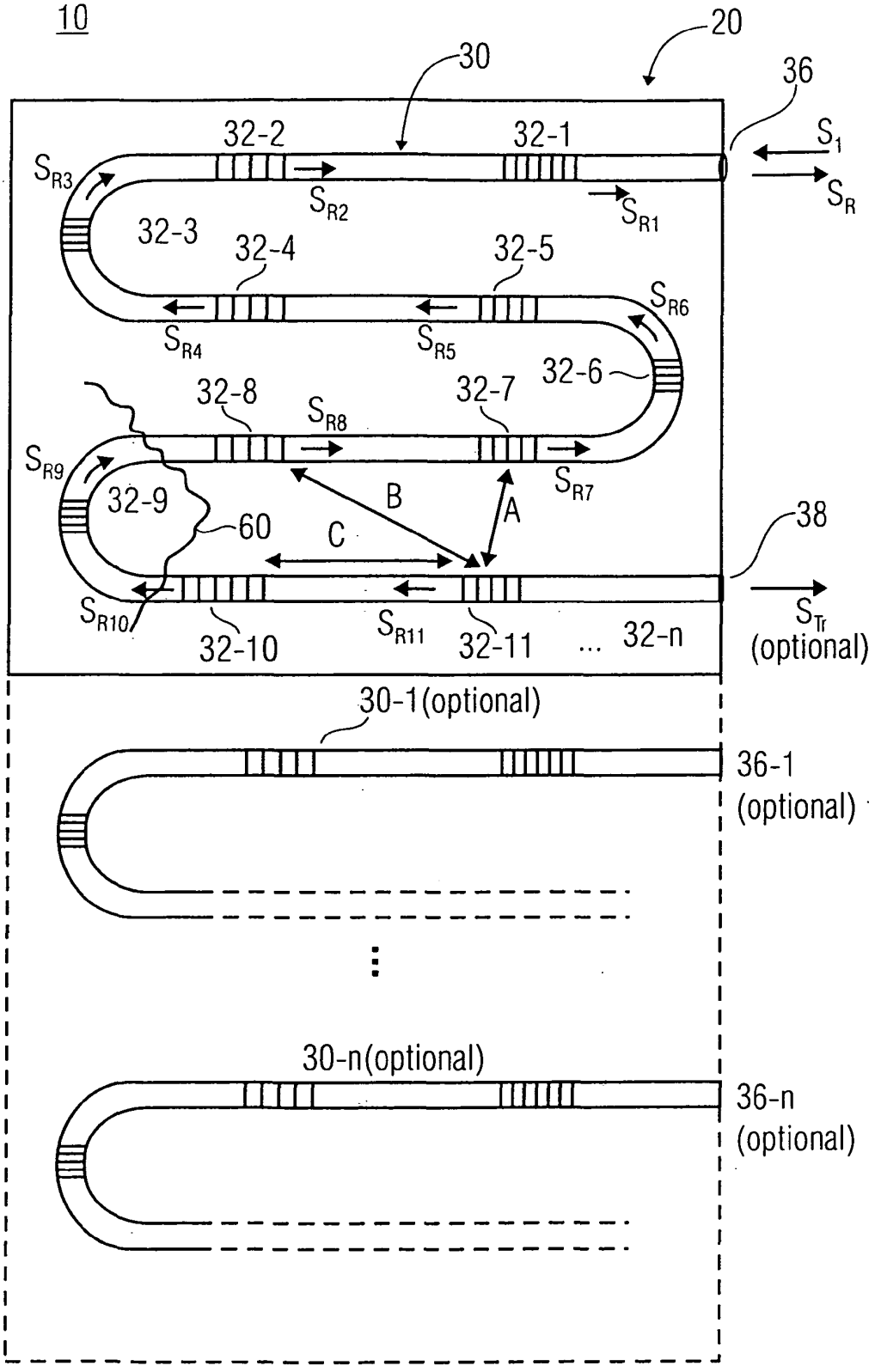

10
20
30
36
32-2
32-1
$S_1$
$S_{R3}$
$S_{R2}$
$S_{R1}$
$S_R$
32-3
32-4
32-5
$S_{R6}$
$S_{R4}$
$S_{R5}$
32-6
32-8
32-7
$S_{R8}$
$S_{R9}$
$S_{R7}$
32-9
B
A
60
C
38
$S_{R10}$
32-10
$S_{R11}$
32-11
... 32-n
$S_{Tr}$
(optional)
30-1(optional)
36-1
(optional)
30-n(optional)
36-n
(optional)

FIG 3

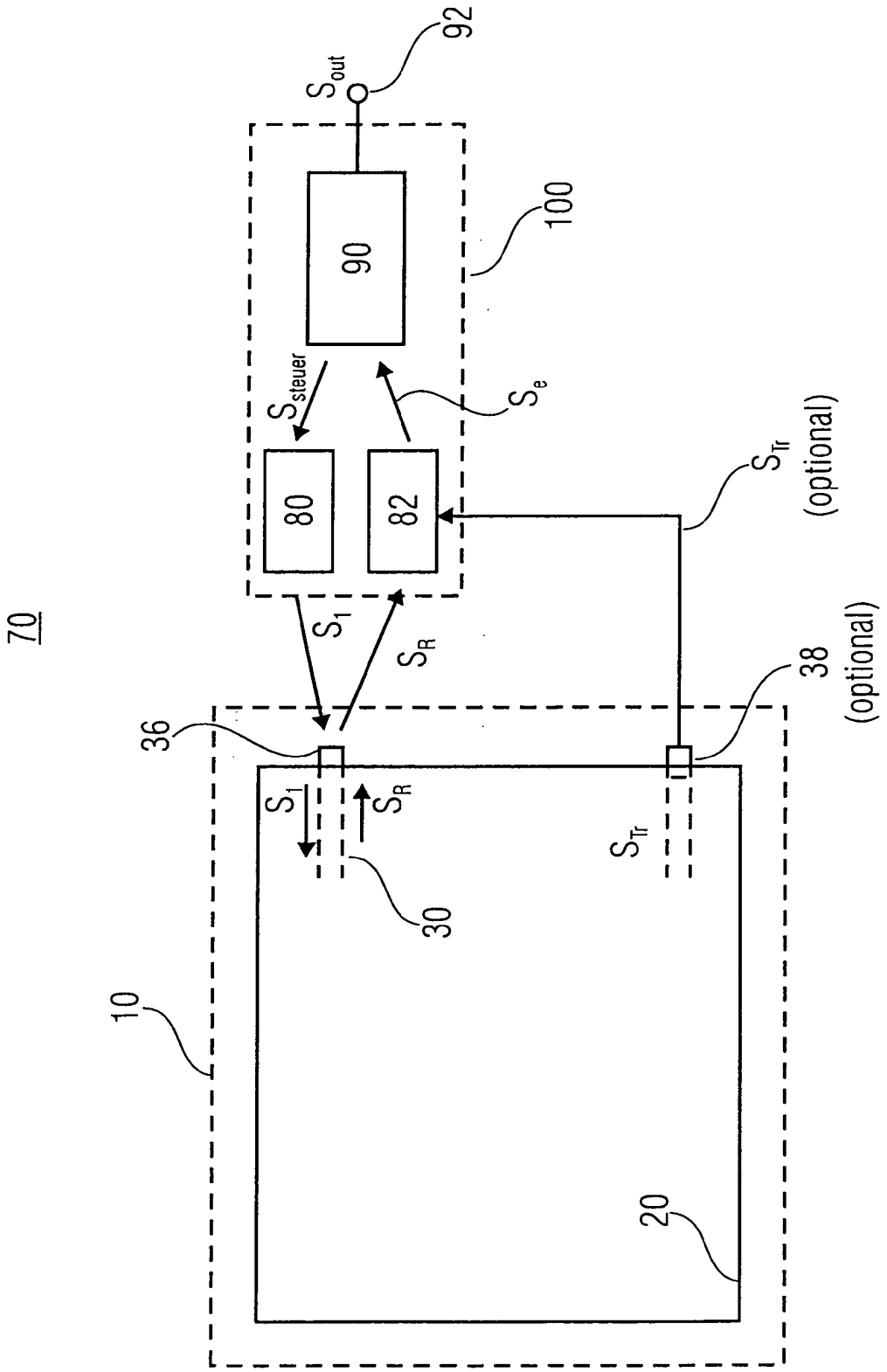

70
92
$S_{out}$
100
90
$S_{steuer}$
$S_e$
80
82
$S_{Tr}$
(optional)
$S_I$
$S_R$
38
(optional)
36
$S_I$
$S_R$
$S_{Tr}$
30
10
20

FIG 4

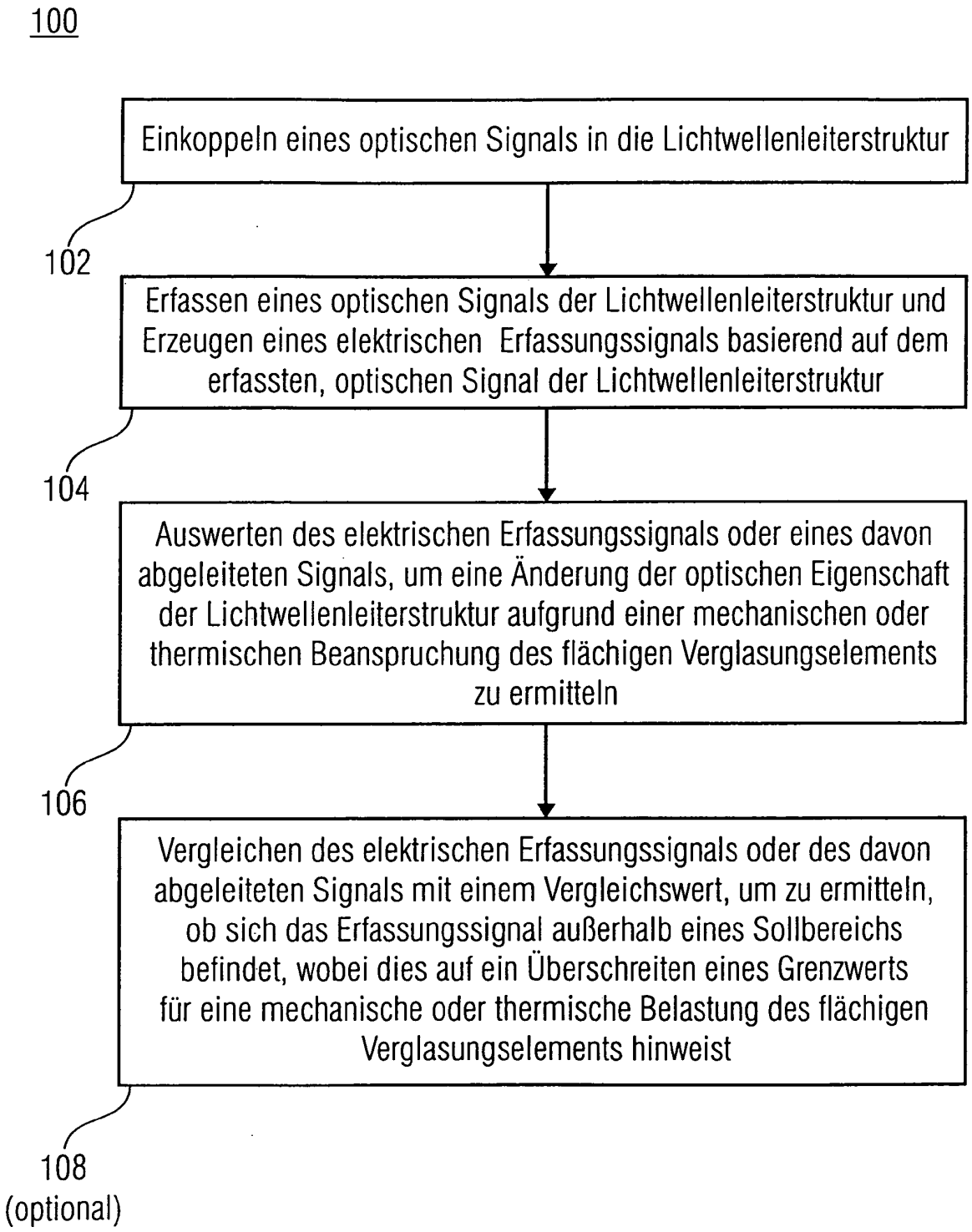

100
Einkoppeln eines optischen Signals in die Lichtwellenleiterstruktur
102
Erfassen eines optischen Signals der Lichtwellenleiterstruktur und Erzeugen eines elektrischen Erfassungssignals basierend auf dem erfassten, optischen Signal der Lichtwellenleiterstruktur
104
Auswerten des elektrischen Erfassungssignals oder eines davon abgeleiteten Signals, um eine Änderung der optischen Eigenschaft der Lichtwellenleiterstruktur aufgrund einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung des flächigen Verglasungselements zu ermitteln
106
Vergleichen des elektrischen Erfassungssignals oder des davon abgeleiteten Signals mit einem Vergleichswert, um zu ermitteln, ob sich das Erfassungssignal außerhalb eines Sollbereichs befindet, wobei dies auf ein Überschreiten eines Grenzwerts für eine mechanische oder thermische Belastung des flächigen Verglasungselements hinweist
108
(optional)

FIG 5

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente


- GB 2193825 A **[0005]**