



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 38 859 T2** 2008.12.04

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 641 013 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 38 859.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 090 364.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **05.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.03.2006**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.12.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01J 5/16** (2006.01)
B60S 1/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
951922 **16.10.1997** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, ES, FI, FR, GB, IT, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Pilkington North America, Inc., Toledo, Ohio, US

(72) Erfinder:
Teder, Rein S., Bloomington, Minnesota 55438, US

(74) Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10719 Berlin

(54) Bezeichnung: **Kompakter Feuchtigkeitssensor mit wirksamer, sehr schräggestellter Optik**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf einen optischen Feuchtigkeitssensor zur Befestigung an der inneren Oberfläche einer Windschutzscheibe, und insbesondere auf einen kompakten optischen Feuchtigkeitssensor mit optischen Emittlern, Detektoren und optischen Komponenten, die auf einer ebenen Schaltungsplatte, die parallel zu der inneren Oberfläche positioniert ist, befestigt sind. Ein Koppler mit Kollimator- und Fokussierungslinsen wird verwendet, um Lichtstrahlen zu brechen, wenn sich die Lichtstrahlen von den Emittlern aus ausbreiten und von der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe zurück zu den Detektoren reflektiert werden.

[0002] Motorfahrzeuge wurden seit langem mit motorgetriebenen Scheibenwischern ausgestattet, um Feuchtigkeit von der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe zu entfernen, zumindest im Sichtfeld des Fahrers und im Allgemeinen über eine größere Fläche, um die Sicht durch die Windschutzscheibe zu verbessern. In den meisten heutigen Fahrzeugen enthält das Scheibenwischersystem Mehrpositionsschalter oder Schalter für variable Geschwindigkeit, die dem Fahrer ermöglichen, zur Anpassung an die Bedingungen einen weiten, wenn nicht einen unendlich variablen Bereich von Geschwindigkeiten auszuwählen. Wischersteuerungen werden manuell betätigt und enthalten typischerweise eine Verzögerung, wodurch die Wischer intermittierend mit ausgewählten Zeitverzögerungsintervallen arbeiten.

[0003] Es wurden kürzlich Wischersteuersysteme entwickelt, die einen an der Windschutzscheibe befestigten Feuchtigkeitssensor enthalten, um automatisch den Motor zu betätigen, wenn Feuchtigkeit auf der Oberfläche der Windschutzscheibe oder eines anderen Fahrzeugfensters, auf dem ein Wischer verwendet werden kann, wie der Heckscheibe, niederschlägt. Durch Erfassen von Regen oder anderer Feuchtigkeit auf der Glasoberfläche können die Wischer entsprechend gesteuert werden. Derartige Wischersteuersysteme befreien den Fahrer von dem Bemühen, die Wischergeschwindigkeit häufig einzustellen, wenn sich die Fahrtbedingungen ändern. Wischersteuersysteme mit optischen Feuchtigkeitssensoren wurden bei der Herstellung mehrerer Modelle von Passagierfahrzeugen eingebaut. Um die kommerzielle Verwendung und die Verbraucherakzeptanz der Wischersteuersysteme zu erhöhen, besteht eine Notwendigkeit für einen kompakteren und kostengünstigeren optischen Feuchtigkeitssensor.

[0004] Wischersteuersysteme haben eine Anzahl unterschiedlicher Technologien angewendet, um die von einem Fahrzeug angetroffenen Feuchtigkeitsbedingungen zu erfassen, einschließlich gleitender, kapazitiver, piezoelektrischer und optischer Sensoren. Optische Sensoren arbeiten nach dem Prinzip, dass ein Lichtstrahl durch die Anwesenheit von Feuchtigkeit auf der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe gestreut oder von seinem normalen Pfad abgelenkt wird. Die Systeme, die optische Sensoren verwenden, haben den einmaligen Vorteil, dass die Mittel zum Erfassen von Störungen in einem optischen Pfad direkt auf die von dem Fahrer beobachtete Erscheinung bezogen sind (d. h. Störungen in dem optischen Pfad, die die Sicht des Fahrers beeinflussen).

[0005] Noak (US-Patent Nr. 4355271) offenbart einen optischen Feuchtigkeitssensor mit optischen Komponenten, die in einem kastenartigen Gehäuse befestigt sind, das an der inneren Oberfläche der Windschutzscheibe angebracht ist. Die Feuchtigkeitssensorenvorrichtungen zum Steuern der Scheibenwischer eines Fahrzeugs, wie sie von McCumber et al. und Teder (US-Patente Nrn. 5059877 und 5239244) offenbart sind, zeigen auch ein kastenartiges Gehäuse, das an der inneren Oberfläche der Windschutzscheibe befestigt ist, für die Aufnahme der Optik und Elektronik.

[0006] Bei optischen Feuchtigkeitssensoren wird Licht von einem Emitter unter einem Winkel von annähernd fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die Windschutzscheibe in diese gerichtet. Das Licht wird dann von der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe unter einem Winkel von annähernd fünfundvierzig Grad reflektiert und in einen Detektor gerichtet. Die Anwesenheit von Feuchtigkeit auf der Oberfläche der Windschutzscheibe beeinträchtigt die Reflexion von Licht an der Luft/Glas-Grenzfläche an der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe, und diese Änderung des reflektierten Lichts wird elektronisch verarbeitet und als das Signal zur Aktivierung der Scheibenwischer verwendet.

[0007] McCumber et al. (US-Patent Nr. 4620141) offenbaren eine automatische Steuerschaltung zur Auslösung eines Wischvorgangs der Scheibenwischer in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Wassertröpfchen auf der äußeren Oberfläche einer Windschutzscheibe.

[0008] Wenn der Eintrittswinkel des Lichtstrahls in die Windschutzscheibe größer als fünfzig Grad ist, tritt häufig ein Signalverlust auf. Wenn der Eintrittswinkel kleiner als vierzig Grad ist, tritt ein Empfindlichkeitsverlust auf, und der Sensor ist nicht in der Lage, Feuchtigkeit auf der Windschutzscheibe ordnungsgemäß zu erfassen. Folglich ist es wesentlich, dass der Eintrittswinkel des von dem Emitter in die Windschutzscheibe eintretenden Lichtstrahls bei angenähert fünfundvierzig Grad liegt.

[0009] Der gewünschte Winkel von fünfundvierzig Grad kann erhalten werden durch Befestigen der optoelektronischen Vorrichtungen (Emitter und Detektoren) unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad oder durch Ablenken des Lichts, wenn es sich zwischen den Vorrichtungen und der Glaswindschutzscheibe ausbreitet. Stanton (US-Patent Nr. 5414257) offenbart einen optischen Sensor mit optoelektronischen Vorrichtungen, die auf einer Schaltungsplatte unter einem zweckmäßigen Winkel mit Bezug auf die Oberfläche des Glases so befestigt sind, dass ihre optische Achse sich unter dem zweckmäßigen Winkel von fünfundvierzig Grad erstreckt oder abgelenkt werden kann, so dass sie dies tut. Stanton lehrt Vorrichtungen, die aus flexiblem Epoxidharz gegossen sind, und das Biegen der Leitungen der Vorrichtungen unter einem Winkel, um die winkelmäßige Befestigung zu erleichtern. Das Problem des Biegens der Leitungen der elektronischen Vorrichtungen besteht darin, dass die am stärksten automatisierte Ausrüstung zur Einfügung von Komponenten die Komponenten mit gebogenen Leitungen nicht einfügen können, was die Kosten der Montage der Schaltungsplatten erhöht. Zusätzlich sind die Vorrichtungen mit gebogenen Leitungen weniger zuverlässig unter dem Gesichtspunkt des Leistungsvermögens.

[0010] Die Befestigung von optoelektronischen Vorrichtungen auf Schaltungsplatten ohne Biegen der Leitungen wird in Zettler (US-Patent Nr. 5560245) offenbart. Die Emitter und Detektoren sind auf kleinen Satellitenschaltungsplatten befestigt, die mit Bezug auf die Hauptschaltungsplatte abgewinkelt sind. Die Satellitenschaltungsplatten sind abgewinkelt, um die Emitter und Detektoren unter dem geeigneten Winkel von fünfundvierzig Grad mit der Windschutzscheibe auszurichten. Obgleich diese Befestigungskonfiguration nicht die Formung von Leitungen erfordert, schafft die Verwendung derartig kleiner Schaltungsplatten andere Probleme. Die zur Befestigung der optoelektronischen Vorrichtungen verwendeten kleinen Schaltungsplatten können die Signalverarbeitungsschaltung nicht aufnehmen, die auf einer getrennten Schaltungsplatte angeordnet werden muss. Die Verwendung mehrerer Schaltungsplatten und die Orientierung der Schaltungsplatten in dem Gehäuse des Sensors erhöht die Größe und die Kosten des Sensors.

[0011] Herkömmliche optoelektronische Vorrichtungen einschließlich der Vorrichtungen der neuen Oberflächenbefestigungstechnologie (SMT) sind im Allgemeinen so ausgebildet, dass die optische Achse senkrecht zu der Schaltungsplatte ist, auf der sie befestigt sind. Teder (US-Patent Nr. 5661303) offenbart die Verwendung einer einzelnen Schaltungsplatte, die koplanar mit der Oberfläche der Windschutzscheibe befestigt ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, was zu einem kostengünstigen und kompakten Sensorgehäuse führt. Jedoch erfordert diese Ausbildung optische Komponenten mit optischen Achsen, die angenähert parallel zu der optischen Achse der optoelektronischen Vorrichtungen sind. Es ist wünschenswert, die Größe und die Kosten der optischen Komponenten zu verringern, um die Größe und die Kosten des Feuchtigkeitssensors weiter herabzusetzen.

[0012] Ein anderer Weg zur Verringerung der Größe und der Kosten des optischen Sensors enthält die Herabsetzung der Anzahl von optoelektronischen Komponenten. Noak offenbart die Verwendung eines einzelnen Detektors, um gleichzeitig zwei oder mehr Emitter zu erfassen. Muller (US-Patent Nr. 5015931) offenbart, dass mehrere Strahlen von einem einzelnen, nicht gerichteten Emitter abgeleitet werden können. Derartige Konfigurationen ergeben die gewünschte Erfassungsfläche mit einer geringeren Anzahl von Detektoren. McCumber et al. (US-Patent Nr. 4620141) offenbaren, dass eine ausgeglichene Konfiguration die Tendenz hat, die Wirkung von Umgebungslicht zurückzuweisen. Emitter jedoch variieren typischerweise um etwa 2:1 in der Signalstärke. Dies hat die Fähigkeit von optischen Feuchtigkeitssensoren nach dem Stand der Technik begrenzt, ein gutes Signalgleichgewicht zu erzielen. Die von Muller in '931 gezeigten optischen Pfade haben eine ungleiche Länge. Somit haben die Pfade einen unterschiedlichen optischen Wirkungsgrad und können nicht verwendet werden, um ein gut ausgeglichenes System herzustellen. Teder (US-Patent Nr. 5661303) verwendet vier Emitter und zwei Detektoren, um vier optische Pfade gleicher Länge zu erhalten, jedoch ist es wünschenswert, die Größe und die Kosten des Feuchtigkeitssensors durch Verwendung von noch weniger Komponenten zu verringern.

[0013] Der optische Feuchtigkeitssensor sollte in sicherem Eingriff mit der Windschutzscheibe stehen, und die darin enthaltene Optik sollte optisch so mit der Windschutzscheibe gekoppelt sein, dass die Grenzfläche zwischen den Lichtemittern-Detektoren und der Glasoberfläche unter einem optischen Gesichtspunkt wirksam eliminiert wird. Purvis (US-Patent Nr. 5262640) beschreibt eine Klebstoff-Zwischenschicht zum Befestigen des

Sensorgehäuses und der darin enthaltenen Optik an der Windschutzscheibe. Das Sensorgehäuse wird direkt an der Oberfläche der Windschutzscheibe oder eines anderen Fahrzeugfensters mittels einer Zwischenschicht, die zwischen dem Sensorgehäuse und der inneren Oberfläche der Windschutzscheibe angeordnet ist, befestigt.

[0014] Fahrzeughersteller wünschen einen Sensor, der bereits von dem Windschutzscheiben-Hersteller installiert wird, oder einen Sensor, der in der Fahrzeug-Montagelinie sehr leicht zu installieren ist. Die Windschutzscheiben-Hersteller versenden Windschutzscheiben, die so aneinandergelegt sind, dass sehr wenig Raum zur Befestigung eines Sensors vorhanden ist.

[0015] Schofield (US-Patent Nr. 4930743) offenbart die Verwendung einer Klammer wie einer Rückspiegelklammer zum Befestigen des optischen Feuchtigkeitssensors. Diese Maßnahme erfordert eine zusätzliche Stützstruktur oder das Hinzufügen von Silikonstücken, um den Feuchtigkeitssensor optisch mit der Windschutzscheibe zu koppeln. Ein Klammerbefestigungssystem führt zu zusätzlichen Teilen und erhöhten Kosten.

[0016] Bendix (US-Patent Nr. 5278425) und Stanton ('257) lehren, dass eine Linse ständig an der Windschutzscheibe befestigt sein kann, derart, dass ein Sensorgehäuse abnehmbar an der Linse befestigt werden kann. Die Linse kann dem Strahl Brechkraft verleihen, wie in Bendix gezeigt ist. Alternativ kann die Linse die Strahlen durch ebene Oberflächen, die normal zu der Strahlrichtung sind, zu der Windschutzscheibe koppeln, wie in Stanton offenbart ist. Jedoch erfordern sowohl Bendix als auch Stanton eine Linse, die ungefähr so dick wie die Windschutzscheibe ist. Wenn die Windschutzscheiben für den Transport von dem Glashersteller zu der Fahrzeug-Montagelinie gestapelt werden, fügt der für die Linse erforderliche zusätzliche Raum zusätzliche Handhabungskosten zu den Kosten der Windschutzscheibe hinzu. Es ist wünschenswert, einen Sensor zu haben, der an der Windschutzscheibe befestigt ist und ausreichend dünn ist, um das Aneinanderlegen der Windschutzscheibe während des Versands nicht zu beeinträchtigen.

[0017] Moderne solargesteuerte Windschutzscheiben wie unter der Marke "EZ-KOOL" verkaufte Windschutzscheiben, die kommerziell von Libbey-Owens-Ford Co. erhältlich sind, absorbieren die von vielen optischen Feuchtigkeitssensoren verwendeten Infrarotstrahlen. Es ist wahrscheinlich, dass Sensoren ohne eine Koppungs- oder Lichtsammeloptik nicht ausreichend effizient sind für die Verwendung bei diesen Windschutzscheiben. Im deutschen Patent Nr. DE 3314770 für Kohler et al. vergrößern Linsen in einem Koppler die erfasste Fläche und den Wirkungsgrad eines Feuchtigkeitssensors. Watanabe (US-Patent Nr. 4701613) offenbart eine Reihe von V-Nuten, die Strahlen mit einem verbesserten Wirkungsgrad in eine und aus einer Windschutzscheibe koppeln, jedoch sind die Vorrichtungen unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die Glasoberfläche befestigt, da die Nuten nicht divergierende Lichtstrahlen sammeln und sie auf den Detektor fokussieren. Es ist wünschenswert, die optoelektronischen Komponenten auf einer einzelnen ebenen Schaltungsplatte zu befestigen, während der Wirkungsgrad des optischen Feuchtigkeitssensors für eine Verwendung bei modernen solargesteuerten Windschutzscheiben verbessert wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0018] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Feuchtigkeitssensor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsbeispiele dieses Feuchtigkeitssensors sind in den Unteransprüchen definiert.

[0019] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Feuchtigkeitssensor zur Befestigung an einer ersten Oberfläche einer Glasscheibe, um Feuchtigkeit in einem Erfassungsbereich auf einer zweiten Oberfläche der Glasscheibe zu erfassen. Der Feuchtigkeitssensor enthält einen an der ersten Oberfläche der Glasscheibe zu befestigenden Koppler für das Koppeln von Lichtstrahlen in das und aus dem Glas, und ein abnehmbar an dem Koppler befestigtes Gehäuse. Eine ebene Schaltungsplatte ist in dem Gehäuse befestigt und hat eine Vorrichtungsoberfläche, die allgemein parallel zu der ersten Oberfläche der Glasscheibe angeordnet ist. Ein Emitter zum Emittieren von Lichtstrahlen um eine Emissionsachse ist an der Vorrichtungsoberfläche befestigt. Die Emissionsachse erstreckt sich von dem Emitter angenähert senkrecht zu der Vorrichtungsoberfläche der Schaltungsplatte. Ein Kollimator zur Parallelrichtung von Lichtstrahlen von dem Emitter in einen parallel gerichteten Lichtstrahl hat eine Öffnung mit einer körperlichen Mitte und einer optischen Mitte, die im Abstand von der körperlichen Mitte angeordnet ist. Eine optische Achse erstreckt sich durch die optische Mitte. Der Emitter und der Kollimator sind derart angeordnet, dass die optische Achse einen ersten schrägen Winkel mit Bezug auf die Emissionsachse bildet.

[0020] Ein Detektor mit einer Erfassungsfläche und einer Erfassungsachse, die sich von der Erfassungsfläche

che erstreckt, ist auf der Vorrichtungsfäche der ebenen Schaltungsplatte so befestigt, dass die Erfassungsachse angenähert senkrecht zu der Vorrichtungsfäche ist. Der Detektor erfasst auf die Erfassungsfäche treffendes Licht und erzeugt Signale in Abhängigkeit von dem erfassten Licht. Der Koppler enthält auch eine Fokussierungsvorrichtung zum Fokussieren des parallel gerichteten Lichtstrahls auf die Erfassungsfäche. Die Fokussierungsvorrichtung hat eine Öffnung mit einer körperlichen Mitte und einer optischen Mitte, die im Abstand von der körperlichen Mitte angeordnet ist. Eine optische Achse erstreckt sich durch die optische Mitte. Die Fokussierungsvorrichtung und der Detektor sind derart angeordnet, dass die optische Achse einen zweiten schrägen Winkel mit Bezug auf die Erfassungsachse bildet.

[0021] Der Sensor ist mit mehreren optischen Emitter/Detektor-Systemen versehen, um eine Anordnung von erfassten Bereichen vorzusehen. Ein Paar von Emittlern wird in Verbindung mit einem Paar von Detektoren verwendet, um vier getrennte optische Pfade gleicher Länge und vier Erfassungsbereiche auf der Glasoberfläche zu erhalten. Die Emitter und Detektoren bilden ein ausgeglichenes elektrisches System, das elektrisch mit der Scheibenwischer-Steuerschaltung zum Steuern der Betätigung des Wischersystems verbunden ist.

[0022] Eine effiziente und kostengünstige Vorrichtung zum Befestigen der Feuchtigkeitssensoren an der Windschutzscheibe eines Fahrzeugs ist vorgesehen. Bei der vorliegenden Erfindung wird der Koppler allgemein an der inneren Oberfläche der Windschutzscheiben durch den Glashersteller vor dem Transport der Windschutzscheiben zu der Fahrzeug-Herstellungsfabrik befestigt. Der Fahrzeughersteller befestigt zweckmäßig das Sensorgehäuse, das die Schaltungsplatte enthält, an dem Koppler, wenn das Fahrzeug montiert wird. Da der Koppler klein, dünn und relativ billig ist, kann der Koppler an allen Windschutzscheiben befestigt werden, die von dem Glashersteller zu einer spezifischen Montagelinie in einer Automobilfabrik transportiert werden, ohne Änderung der von dem Glashersteller verwendeten herkömmlichen Verpackungsmaterialien. Wenn die Windschutzscheiben in einem Fahrzeug installiert werden, kann die Befestigung des Sensors beendet werden durch zweckmäßige Befestigung des Sensorgehäuses an dem Koppler.

[0023] Die Herstellungskosten des Sensors werden durch Befestigen sämtlicher optoelektronischer Komponenten und der Signalverarbeitungsschaltung auf einer einzelnen ebenen Schaltungsplatte herabgesetzt. Die Oberflächenbefestigungstechnologie und die Chip-auf-Platte-Technologie kombiniert mit automatischen Montagetechniken für die Herstellung der Schaltungsplatte ergeben einen verbesserten Wirkungsgrad und Kostensenkungen bei der Herstellung der Sensoren. Die Konfiguration der vorliegenden Erfindung eliminiert die Verwendung mehrerer Schaltungsplatten und einer Formung von Leitungen bei den optischen Vorrichtungen.

[0024] Ein wesentlicher Teil der aus jedem Emitter austretenden Lichtstrahlen wird in jeden der beiden Detektoren gekoppelt, was einen hohen optischen Wirkungsgrad ergibt. Zusätzlich werden ein Paar von Emittlern und ein Paar von Detektoren verwendet, um vier optische Pfade gleicher Länge zu bilden, so dass ein ausgeglichenes optisches System mit vier Erfassungsbereichen erhalten wird. Die Anzahl von optoelektronischen Komponenten wird herabgesetzt, was die Kosten des Sensors verringert ohne Einbuße der Effektivität und des Wirkungsgrads des Feuchtigkeitssensors.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] Die vorstehenden sowie andere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden augenscheinlich für den Fachmann anhand der folgenden detaillierten Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, wenn dies im Licht der begleitenden Zeichnungen betrachtet wird, in denen:

[0026] [Fig. 1](#) eine fragmentarische perspektivische Ansicht ist, die einen optischen Feuchtigkeitssensor zeigt, der ein Feuchtigkeitssensor gemäß der Erfindung, der an der Windschutzscheibe eines Automobils befestigt ist, sein kann;

[0027] [Fig. 2](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht ist, die die Befestigung eines Feuchtigkeitssensors an der inneren Oberfläche der Windschutzscheibe zeigt;

[0028] [Fig. 3](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht ist, die die Befestigungsbeziehung zwischen dem Gehäuse und dem Koppler zeigt;

[0029] [Fig. 4](#) eine Querschnittsansicht ist, die den benachbart dem Emitter befestigten Kollimator in dem Feuchtigkeitssensor gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0030] [Fig. 5](#) eine Seitenansicht ist, die entlang der Linie 5-5 in [Fig. 4](#) genommen ist und die Kollimationslin-

senöffnung zeigt;

[0031] **Fig. 6** eine perspektivische Ansicht ist, die den sich von dem Koppler erstreckenden Kollimator in dem Feuchtigkeitssensor gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] **Fig. 7** eine entlang der Linie 7-7 in **Fig. 2** genommene Seitenansicht ist, die die Kollimationslinsenöffnung gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0033] **Fig. 8** eine Draufsicht auf ein erstes alternatives Beispiel des Feuchtigkeitssensors ist, die die vier optischen Pfade illustriert;

[0034] **Fig. 9** ein schematisches Diagramm ist, das die optoelektronischen Komponenten des ersten alternativen Beispiels illustriert; und

[0035] **Fig. 10** eine Querschnittsansicht eines zweiten alternativen Beispiels des Feuchtigkeitssensors ist, die die eine segmentierte Linse verwendende Kollimationslinse illustriert.

BESCHREIBUNG DES BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELS

[0036] Es wird nun auf **Fig. 1** Bezug genommen, in der allgemein ein Feuchtigkeitssensor **10** und ein Teil eines Automobils gezeigt ist, enthaltend eine Haube **12**, Seitenpfosten **14** und ein Dach **16**, die eine Öffnung definieren, in der eine Windschutzscheibe **18** befestigt ist. Scheibenwischerblätter **20**, die in ihrer Ruheposition entlang der unteren Kanten der Windschutzscheibe gezeigt sind, sind in herkömmlicher Weise so betätigbar, dass sie in Bögen **22** schwingen und angesammelte Feuchtigkeit von der Oberfläche der Windschutzscheibe **18** wischen. Der Feuchtigkeitssensor **10** ist innerhalb des von den Scheibenwischerblättern überstrichenen Bereichs an der Windschutzscheibe befestigt.

[0037] Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, enthält der Feuchtigkeitssensor **10** einen Koppler **24**, eine Schaltungsplatte **26** zum Befestigen elektronischer Komponenten **27** und ein Sensorgehäuse **28**, das an dem Koppler **24** zum Umschließen der Schaltungsplatte **26** anbringbar ist.

[0038] Der Koppler **24** enthält eine Befestigungsfläche **29**, die an der inneren Oberfläche **30** der Windschutzscheibe **18** befestigt ist für die optische Erfassung von Feuchtigkeit auf der äußeren Oberfläche **32** der Windschutzscheibe. Der Feuchtigkeitssensor **10** ist typischerweise benachbart dem Rückspiegel (nicht gezeigt) an der inneren Oberfläche **30** so befestigt, dass jegliche Sichtbeeinträchtigung für die Passagiere in dem Automobil minimiert wird, obgleich der Sensor irgendwo an der Windschutzscheibe befestigt werden kann. Die Windschutzscheibe **18** ist im Allgemeinen relativ flach in dem Bereich, in welchem der Sensor **10** zu befestigen ist, so dass die Befestigungsfläche **29** des Kopplers **24** eben sein kann. Jedoch in Betracht gezogen werden, dass die Befestigungsfläche **29** des Kopplers **24** entsprechend konturiert sein kann, um an die gekrümmte Oberfläche der Windschutzscheibe angepasst zu sein, wenn dies zweckmäßig ist. Der Sensor **10** kann auch an anderen Fenstern einschließlich des Heckfensters befestigt sein.

[0039] Eine doppelseitig klebende Zwischenschicht **34** wird verwendet, um die Kopplerbefestigungsfläche **29** an der Windschutzscheibe **18** oder einem anderen Fenster zu befestigen. Die Zwischenschicht **34** besteht aus Silikon oder einem anderen ähnlichen flexiblen, durchsichtigen Kunststoffmaterial. Der Koppler **24** kann von dem Glashersteller vor dem Transport der Windschutzscheibe **18** zu der Automobil-Montagelinie an der Windschutzscheibe **18** befestigt sein. Eine rechteckige Manschette **36** erstreckt sich von dem Koppler **24** gegenüber der Befestigungsfläche **29**, und Rückhaltezungungen **137** erstrecken sich von den Enden der Manschette nach außen, um den Koppler an dem Gehäuse **28** zu befestigen, wie nachfolgend beschrieben ist.

[0040] Der Koppler **28** hat auch einen Kollimator **37** enthaltend einen Kollimationskörper **38**, der sich von dem Koppler erstreckt, und eine Kollimationslinse **40**, die angrenzend an den Kollimationskörper angeordnet ist. Die Kollimationslinse **40** hat eine optische Achse, die sich durch den Kollimationskörper **38** unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche der Windschutzscheibe **30** erstreckt. Der Koppler **24** enthält weiterhin eine Fokussiervorrichtung **42** mit einem Fokussierkörper **43**, der sich von dem Koppler erstreckt, und eine Fokussierlinse **44**, die benachbart dem Fokussierkörper angeordnet ist. Die Fokussierlinse **44** hat eine optische Achse **45**, die sich durch den Fokussierkörper **43** unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche der Windschutzscheibe **30** erstreckt. Der Koppler **24**, der Kollimationskörper **38**, die Kollimationslinse **40**, der Fokussierkörper **43** und die Fokussierlinse **44** sind vorzugsweise integral aus einem einzelnen Materialstück gebildet. Die Kollimationslinse **40** ist gebildet durch Formen der

Oberfläche des Kollimationskörpers **38**, und die Fokussierlinse **44** ist gebildet durch Formen der Oberfläche des Fokussierkörpers **43** in einer nachfolgend beschriebenen Weise. Alternativ kann eine getrennte Kollimationslinse **40** benachbart dem Kollimationskörper **38** angeordnet sein, und eine getrennte Fokussierlinse **44** kann benachbart dem Fokussierkörper **43** angeordnet sein.

[0041] Der Koppler ist aus einem Licht brechenden Material wie Polycarbonat oder Polyesterharz gebildet, obgleich jedes geeignete Material verwendet werden kann, das einem weiten Bereich von Temperaturen, denen ein Automobil ausgesetzt werden kann, widerstehen kann. Der Koppler **24** koppelt optisch Lichtstrahlen in die und aus der Windschutzscheibe **18**, so dass die Lichtstrahlen nicht abgelenkt werden, wenn sie von dem Kollimationskörper **38** zu der Windschutzscheibe und von der Windschutzscheibe zu dem Fokussierkörper **43** gehen. Zusätzlich liefert der Koppler **24** eine sichere Basis zum Befestigen der Kollimationslinse **40**, der Fokussierlinse **44** und des Gehäuses **28** an der Windschutzscheibe **18**.

[0042] Die Dicke des Kopplers **24** ist eine wichtige Betrachtung unter dem Verpackungsgesichtspunkt, wenn die Windschutzscheibe von dem Glashersteller zu der Automobil-Montagelinie transportiert wird. Spezielle Gestelle und Verpackungsmaterialien wurden entworfen, um die individuellen Windschutzscheiben so eng wie möglich für den Versandwirkungsgrad zu verpacken, während die Windschutzscheiben während des Transports geschützt sind, um ein Zerkratzen oder eine andere Beschädigung der Windschutzscheiben zu vermeiden. Die Automobil-Windschutzscheiben enthalten typischerweise einen Befestigungsknopf (nicht gezeigt) an der Windschutzscheibe zum Befestigen des Rückspiegels derart, dass die Versandgestelle einen derartigen Befestigungsknopf aufnehmen können. Der Koppler **24** nach der vorliegenden Erfindung ist weniger als 5 mm dick, was dünner als der typische Spiegelbefestigungsknopf ist. Folglich ermöglicht der dünne Koppler **24** dem Glashersteller, den Koppler **24** in der Windschutzscheiben-Herstellungslinie zu befestigen, ohne dass die Verpackungs- und Materialhandhabungsvorgänge, die zum Liefern der Windschutzscheiben zu der Automobil-Montagelinie verwendet werden, geändert werden müssen. Die Fähigkeit, den Koppler bei den Windschutzscheiben-Herstellungsoperationen zu befestigen, ohne die Verpackungs- und Materialhandhabungsmaßnahmen zu ändern, ist eine wichtige Betrachtung bei der Erzielung einer erhöhten Verwendbarkeit des Feuchtigkeitssensors und des Wischersteuersystems durch die Automobilunternehmen.

[0043] Es wird nun auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) Bezug genommen, in denen das Sensorgehäuse **28** aus einem harten Kunststoff oder anderen starren Material gebildet ist und lichtundurchlässig ist, um unerwünschtes Licht zu blockieren. Aus Gründen der Klarheit zeigt [Fig. 3](#) den Koppler **24**, ohne den Kollimator oder die Fokussiervorrichtung zu zeigen. Das Gehäuse **28** enthält eine Basis **46** und vier Seitenwände **48**, die sich von der Basis erstrecken, wobei sie vorzugsweise ein kastenförmiges Gehäuse bilden. Das Gehäuse **28** ist so bemessen, dass es über die Manschette **36** des Kopplers **24** passt, nachdem der Koppler an der Windschutzscheibe **18** befestigt wurde. Nuten **50** sind im Inneren der Gehäusewände **48** gebildet, um die Kopplerzungen **137** aufzunehmen und das Gehäuse **28** abnehmbar an dem Koppler **24** zu halten. Die Seitenwände **48** des Gehäuses **28** sowie die Manschette **36** des Kopplers **24** sind jeweils leicht verformbar ausgebildet, um das Einschnappen des Gehäuses in seiner Lage über dem Koppler zu erleichtern, so dass die Kopplerzungen **137** in die Nuten **50** eintreten. Wahlweise können Kerben in die Manschette **36** des Kopplers **24** geschnitten sein, um die Verformung zu vergrößern.

[0044] Nachdem das Gehäuse **28** in seiner Lage über der Kopplermanschette **36** eingeschnappt ist, werden auf den Koppler **24** ausgeübte seitliche Kräfte durch die Gehäusewände **48** auf die Manschette **36** übertragen. Die Gehäusewände **48** und die Kopplermanschette **36** haben eine große Oberfläche und keine Tendenz, Kräfte, die zu einem Bruch führen, zu konzentrieren. Weiterhin absorbiert die nichtkreisförmige Form der Kopplermanschette **36** auf das Gehäuse **28** ausgeübte Torsionskräfte. Der vorliegende Feuchtigkeitssensor hat somit die Tendenz, in dem Fall einer Kollision fest haftend an der Windschutzscheibe zu bleiben, oder wenn er durch einen neugierigen Passagier unsachgemäß gehandhabt wird. Eine Kerbe **51** in einer Seitenwand **48** des Gehäuses **28** erleichtert seine Entfernung mit einer Münze oder einem Schraubendreher. Vorzugsweise wird der Koppler **24** an der Windschutzscheibe mit Hilfe eines stark klebenden Silikons autoklaviert, obgleich jedes geeignete Material verwendet werden kann. Die seichte Tiefe des Kopplerbefestigungsverfahrens ermöglicht, dass eine derartige Installation bei dem Windschutzscheiben-Hersteller durchgeführt werden kann, ohne die Packungsdichte der Windschutzscheibe zu beeinträchtigen, wie vorstehend beschrieben ist. Fahrzeughersteller mögen keinen Prozess, der mit Klebstoffen oder anderen Chemikalien zu tun hat, und bevorzugen, dass der Feuchtigkeitssensorkoppler in einem an der Windschutzscheibe befestigten Zustand zu ihnen gelangt.

[0045] Zusätzlich zur stoßresistenten Ausbildung des Feuchtigkeitssensors ist die am Umfang befestigte Konstruktion einfach zu installieren. Im Gegensatz zu Feuchtigkeitssensor-Befestigungsverfahren, die getrennte Klammern oder andere Befestigungsteile verwenden, kann das vorliegende Feuchtigkeitssensorge-

häuse in einer einhändigen Operation an dem Koppler einschnappen. Dies verkürzt die Zeit, die der Fahrzeughersteller benötigt, um den Feuchtigkeitssensor zu installieren, wodurch die Kosten des Systems verringert werden.

[0046] Eine einzelne ebene Schaltungsplatte **26** wird durch Zungen **52** in dem Gehäuse gehalten, die sich von der inneren Oberfläche der Gehäusewände nach innen erstrecken. Die Schaltungsplatte **26** enthält eine Vorrichtungsfäche **54**, auf der die elektronischen Komponenten **27** befestigt sind. Die Schaltungsplatte **26** ist so in dem Gehäuse **28** befestigt, dass die Vorrichtungsfäche **54** angenähert parallel zu der inneren Oberfläche **30** der Windschutzscheibe **18** ist, wenn das Gehäuse **28** an dem Koppler **24** befestigt und der Koppler an der Windschutzscheibe befestigt ist. Die elektronischen Komponenten **27** sind auf der Vorrichtungsfäche **54** der Schaltungsplatte **26** so befestigt, dass die oberen Oberflächen der elektronischen Komponenten angenähert parallel zu der Vorrichtungsfäche **54** sind. Herkömmliche Oberflächenbefestigungstechniken können angewendet werden, um die Komponenten auf der Schaltungsplatte **26** zu befestigen.

[0047] Die elektronischen Komponenten **27** enthalten einen Emitter **56**, einen Detektor **58** und eine Signalverarbeitungsschaltung **59**. Obgleich ein einzelner Emitter **56** und Detektor **58** gezeigt sind, können mehrere Emittter und Detektoren verwendet werden, wie nachfolgend beschrieben ist. Der Emitter **56** ist vorzugsweise eine Infrarotlicht emittierende Diode, obgleich jeder geeignete Emitter verwendet werden kann, und der Detektor **58** ist vorzugsweise eine Photodiode, obgleich jeder geeignete Detektor verwendet werden kann. Der Emitter **56** und der Detektor **58** sind oberflächenmontierte Vorrichtungen, wie Siemens-Teilenummern SFH-421 bzw. BPW-34FAS. Der Emitter **56** und der Detektor **58** können auch unter Verwendung von Silizium, das direkt mit der Schaltungsplatte **26** in einer Chip-auf-Platte-Maßnahme prägeverbunden ist, implementiert werden.

[0048] Die Signalverarbeitungsschaltung enthält herkömmliche Komponenten **59**, die auf der Schaltungsplatte **26** befestigt sind. Zusätzlich können Lichtbarrikaden **61** auf der Schaltungsplatte befestigt sein, um Umgebungslicht von dem Detektor **58** auszuschließen und eine nicht ordnungsgemäße optische Kommunikation oder ein Übersprechen zwischen dem Emitter **56** und dem Detektor **58** in dem Gehäuse **28** zu vermeiden. Der Emitter **56** und der Detektor **58** sind elektrisch mit der Signalverarbeitung verbunden. Zusätzliche Einzelheiten betreffend die Arbeitsweise der Signalverarbeitungsschaltung und die Schnittstelle zwischen der Steuervorrichtung und dem Wischersteuersystem können aus den US-Patenten Nrn. 4620141, 5059877, 5239244 und 5568027 erhalten werden.

[0049] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ist der Emitter **56** typischerweise aus einem Kunststoffgehäuse **60**, einer Infrarotstrahlen emittierenden Diode **62**, die in einer Vertiefung in dem Gehäuse befestigt ist, und einem mit klarem Epoxid gefüllten Bereich **64** zusammengesetzt. Der Emitter **56** strahlt Lichtstrahlen **65** aus, typischerweise mit einer spezifischen Wellenlänge wie Infrarotenergie bei 880 nm, obgleich andere Wellenlängen verwendet werden können. Die Lichtstrahlen **65** werden als ein divergierender Strahlenfächer emittiert, der symmetrisch um eine Emissionsachse **66** ist, die sich von dem Emitter primär in einer Richtung senkrecht zu der Vorrichtungsfäche **54** der Schaltungsplatte **26** erstreckt. Die Lichtstrahlen **65** treten aus dem Emitter **56** über eine Verspleißung von Winkeln aus, wobei jeder Strahl sich unter einem Winkel θ_E mit Bezug auf die Emissionsachse **66** ausbreitet. Die Intensität jedes der Strahlen **65**, die von dem Emitter **56** divergieren, ist angenähert der Cosinus von θ_E . Somit sind die Strahlen **65** von dem Emitter **56** entlang der Emissionsachse **66** am stärksten. In dem Nahfeld, in welchem die Erfindung arbeitet, sind die Strahlen bei einem Winkel θ_E von mehr als etwa fünfzig Grad durch das Emitttergehäuse **60** abgeschattet und damit weniger intensiv.

[0050] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, enthält der Detektor **58** eine Erfassungsfäche **67**, die sich angenähert parallel zu der Vorrichtungsfäche **54** erstreckt. Eine Erfassungsachse **68** mit höchster Erfassungsempfindlichkeit erstreckt sich von der Erfassungsfäche **67** in einer Richtung, die primär senkrecht zu der Erfassungsfäche **67** und der Vorrichtungsfäche **54** der Schaltungsplatte **26** ist. Der Detektor **58** hat auch einen Annahmewinkel (nicht gezeigt), der sich symmetrisch zu der Erfassungsachse **68** derart erstreckt, dass auf den Detektor innerhalb des Annahmewinkels auftreffende Lichtstrahlen bewirken, dass der Detektor **58** ein Steuersignal erzeugt. Der zu verwendende spezifische Emitter **56** und Detektor **58** werden so gewählt, dass der Detektor für die Wellenlänge von von dem Emitter emittiertem Licht empfindlich ist.

[0051] Wenn das Gehäuse **28** an dem Koppler **24** befestigt ist, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, erstrecken sich der Kollimationskörper **38** und die Kollimationslinse **40** zu dem Emitter **56** hin, und der Fokussierkörper **43** und die Fokussierlinse **44** erstrecken sich zu dem Detektor hin. Ein Teil der aus dem Emitter **56** austretenden Lichtstrahlen **65** trifft auf die Kollimationslinse **40**, und sie werden in einen Strahl **72** parallelgerichtet, der entlang der optischen Achse **41** der Kollimationslinse durch den Kollimationskörper **38** hindurchgeht. Die Lichtstrahlen, die auf die Kollimationslinse **40** auftreffen, liegen vorzugsweise im Bereich von angenähert 10 bis angenähert

fünzig Grad mit Bezug auf die Emissionsachse **66**, obwohl die Linse so geformt sein kann, dass sie Lichtstrahlen von kleineren oder größeren Winkeln annimmt. Die Kollimationslinse **40** ist relativ zu dem Emitter **56** so angeordnet, dass die optische Achse **41** einen schrägen Winkel **69** mit Bezug auf die Emissionsachse **66** bildet. Der schräge Winkel **69** liegt vorzugsweise zwischen 39 und 51 Grad, obgleich er kleiner oder größer sein kann. Die Oberfläche der Kollimationslinse **40** muss, wie nachfolgend beschrieben ist, so geformt sein, dass sie einen parallelgerichteten Strahl von ausreichender Intensität bildet, so dass der Detektor **58** ein verwendbares Signal erzeugen kann.

[0052] In gleicher Weise ist die Fokussierlinse **44** relativ zu dem Detektor **58** so angeordnet, dass die optische Achse **45** der Fokussierlinse **44** einen schrägen Winkel **71** mit Bezug auf die Erfassungsachse **68** bildet. Der schräge Winkel **71** liegt vorzugsweise zwischen 39 und 51 Grad. Die Oberfläche der Fokussierlinse **44** ist, wie nachfolgend beschrieben ist, so geformt, dass der parallelgerichtete Strahl **72** auf die Erfassungsfläche des Detektors fokussiert wird. Der parallelgerichtete Strahl **72** wird in einen Fächer von konvergierenden Strahlen mit ausreichender Intensität an der Erfassungsfläche **67** fokussiert, so dass der Detektor ein verwendbares Signal erzeugen kann. Der Fächer von auf die Erfassungsfläche konvergierenden Lichtstrahlen liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 10 bis etwa fünfzig Grad mit Bezug auf die Erfassungsachse, obgleich der Strahlenfächer kleinere oder größere Winkel mit Bezug auf die Erfassungsachse bilden kann.

[0053] Das Licht breitet sich von dem Emitter **56** zu dem Detektor **58** entlang eines optischen Pfads **73** aus. Die Lichtstrahlen von dem Emitter, die in den parallelgerichteten Strahl **72** parallelgerichtet sind, pflanzen sich entlang des optischen Pfads unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche **30** in die Windschutzscheibe **18** fort. Der parallelgerichtete Lichtstrahl **72** trifft auf die äußere Oberfläche **32** in einem Erfassungsbereich **74** und wird entlang des optischen Pfads **73** zurück durch die Windschutzscheibe und in den Fokussierkörper **43** unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche **30** reflektiert. Die optische Achse **45** der Fokussierlinse **44** ist von der optischen Achse **41** der Kollimationslinse **40** an der Oberfläche des Kopplers **24** um einen Abstand **T** versetzt. Kein einzelner Lichtstrahl breitet sich seitlich entlang dieser Versetzung aus; vielmehr ist es ein Kunstgriff, der anzeigt, dass die optische Mitte des Systems an der Oberfläche des Kopplers **24** verschoben wird. Der Abstand **T** wird so gewählt, dass die Fokussierlinse **44** die volle Breite des Strahls **72** sammelt. Die Kollimationsfläche **40** ist eine schräg abgeschnittene Drehfläche, die symmetrisch zu der optischen Achse **41** ist. Die Versetzung **T** der optischen Achse **41** zu der optischen Achse **45** ergibt sich aus der Natur der Asymmetrie der Kollimations- und Fokussieröffnungen. Die Außenfläche des Glases wirkt wie ein Faltspiegel. Aufgrund der Wirkungen dieses Faltspiegels treffen Strahlen nahe der Emissionsachse unter einem Winkel auf den Detektor, der weit von der Erfassungsachse ist. Somit geht ein durch die optische Mitte des Kollimators hindurchgehender Strahl nicht durch die optische Mitte der Fokussierlinse hindurch, die von der Erfassungsachse weg verschoben ist.

[0054] Es wird nun auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) Bezug genommen, in denen die Kollimationslinse **40** eine durch den Umfang **80** definierte Lichtempfangsöffnung **82** hat. Der Umfang **80** kann die körperliche Kante der Kollimationslinse **40** sein, oder der Umfang **80** kann den Bereich der Linsenoberfläche definieren, der direkt von dem Emitter **56** emittiertes Licht empfängt und der derartiges Licht parallelrichtet, wie vorstehend beschrieben ist. Lichtstrahlen, die auf die Linsenoberfläche außerhalb der Öffnung **82** treffen, werden nicht parallelgerichtet und nicht wirksam zu dem Detektor **58** übertragen. Die Lichtempfangsfläche **82** hat eine Breite **W**, wie gezeigt ist, gemessen in der Richtung der Bezugslinie 5-5. Die Lichtempfangsöffnung **82** hat eine körperliche Mitte **84**, die in der Mitte des Umfangs **80** angeordnet ist.

[0055] Die optische Mitte einer Linse ist definiert als der Punkt, an dem eine optische Achse die Linsenoberfläche schneidet. Auch geht definitionsgemäß ein Lichtstrahl, der sich entlang der optischen Achse ausbreitet, die in die Linsenöffnung durch die optische Mitte eintritt, gerade hindurch, während alle anderen Strahlen, die in die Linsenöffnung eintreten, durch die Linse entlang eines zu der optischen Achse parallelen Pfads abgelenkt werden. Die Kollimationslinse **40** hat eine optische Mitte **86** außerhalb der Mitte, die im Abstand von der körperlichen Mitte **84** angeordnet ist, und daher eine optische Achse **41** außerhalb der Mitte. Vorzugsweise ist die optische Mitte **86** gegenüber der körperlichen Mitte **84** um etwa 22 der Breite **W** versetzt, obwohl jede geeignete Versetzung verwendet werden kann. Die Oberfläche des Kollimationskörpers **38** des Kopplers **24** kann wahlweise mit einem undurchsichtigen Material bedeckt sein, um Strahlen auszuschließen, die nicht auf die Öffnung **82** treffen, oder derartige Strahlen können unbehindert durch den Koppler hindurchgehen. Zusätzlich kann die Oberfläche der Kollimationslinse außerhalb des Umfangs **80**, der die Öffnung **82** definiert, wahlweise mit einem undurchsichtigen Material bedeckt sein, um Strahlen auszuschließen, die nicht auf die Öffnung **82** treffen, oder derartige Strahlen können ungehindert durch den Koppler hindurchgehen. Nur solche Emitterstrahlen, die durch die Öffnung **82** hindurchgehen, sind nützlich für die Erfassung von Regen.

[0056] Es wird nun auf [Fig. 7](#) Bezug genommen, in der die Fokussierlinse **44** eine Lichtübertragungsöffnung **90** hat, die durch den Umfang **88** definiert ist. Der Umfang **88** kann die körperliche Kante der Fokussierlinse **44** sein, oder der Umfang **88** kann den Bereich der Linsenoberfläche definieren, der den parallelgerichteten Lichtstrahl **72** in einem fokussierten Strahl zu der Erfassungsfläche **67** des Detektors **58** überträgt. Lichtstrahlen, die aus der Fokussierlinse außerhalb der Öffnung **90** austreten, werden nicht auf den Detektor **58** fokussiert. Die Öffnung **90** hat eine Breite W , wie gezeigt ist. Die Fokussierlinse **44** hat eine körperliche Mitte **92**, die in der Mitte des Umfangs **88** positioniert ist. Die optische Mitte **94** der Linse **44** ist außerhalb der Mitte, das heißt, sie ist im Abstand von der körperlichen Mitte **92** angeordnet, und daher ist die optische Achse **45** der Fokussierlinse auch außerhalb der Mitte. Vorzugsweise ist die optische Mitte **94** von der körperlichen Mitte **92** um etwa 22% der Breite W versetzt, obgleich jede geeignete Versetzung verwendet werden kann. Die Oberfläche des Fokussierkörpers **43** des Kopplers **24** kann wahlweise mit einem undurchsichtigen Material bedeckt sein, um Strahlen auszuschließen, die nicht auf die Öffnung **90** treffen, oder derartige Strahlen können ungehindert durch den Koppler hindurchgehen. Zusätzlich kann die Oberfläche der Fokussierlinse **44** außerhalb des die Öffnung **90** definierenden Umfangs **88** wahlweise mit einem undurchsichtigen Material bedeckt sein, um Strahlen auszuschließen, die nicht auf die Öffnung **90** auftreffen, oder derartige Strahlen können ungehindert durch den Koppler hindurchgehen.

[0057] Wenn der Feuchtigkeitssensor in Betrieb ist, signalisiert die Steuervorrichtung (nicht gezeigt) dem Emitter **56**, wodurch bewirkt wird, dass Lichtstrahlen **65** symmetrisch zu der Emissionsachse emittiert werden. Die Lichtstrahlen **65**, die auf die Öffnung **82** der Kollimationslinse treffen, werden in einen Strahl **72** parallelgerichtet, der sich entlang des optischen Pfads **73**, der parallel zu der optischen Achse **41** der Kollimationslinse ist, fortpflanzt. Der Lichtstrahl **72** wird optisch in die Zwischenschicht **34** und dann in die Windschutzscheibe **18** entlang des optischen Pfads **73** gekoppelt. Der Lichtstrahl **72** geht durch die Windschutzscheibe **18** unter einem fortgesetzten Winkel von angenähert fünfundvierzig Grad hindurch und wird von der äußeren Oberfläche **32** der Windschutzscheibe **18** in dem Erfassungsbereich **74** reflektiert. Der reflektierte Strahl geht durch die Windschutzscheibe **18** entlang des optischen Pfads **73** unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die Oberfläche der Windschutzscheibe zurück. Der parallelgerichtete Lichtstrahl **72** geht durch den Fokussierkörper **43** und die Fokussierlinse **44** hindurch. Die Fokussierlinse fokussiert den parallelgerichteten Strahl **72** auf die Oberfläche des Detektors **58**. Wenn sich Feuchtigkeit **76** auf der Windschutzscheibe in dem Erfassungsbereich **74** angesammelt hat, wird nicht der gesamte parallelgerichtete Lichtstrahl **72** zurück zu dem Fokussierkörper **43** reflektiert, und der Detektor **58** erzeugt ein Signal, das für die erfasste Lichtmenge repräsentativ ist. Obgleich der Detektor im Allgemeinen die höchste Empfindlichkeit hat, wenn die Lichtstrahlen senkrecht zu der Schaltungsplatte **26** sind, wird jeder Lichtstrahl **72** innerhalb des Annahmewinkels des Detektors **58** erfasst. Die Signalverarbeitungsschaltung **59** empfängt das Detektorsignal und interpretiert die Änderung des Signals als die Anwesenheit von Feuchtigkeit und steuert die Wischer entsprechend.

[0058] Für eine ordnungsgemäße Arbeitsweise muss die Kollimationslinse **40** mit Bezug auf den Emitter **56** so angeordnet sein, dass eine ausreichende Menge der Lichtstrahlen **65**, die auf die Linsenöffnung **82** treffen, parallelgerichtet wird. Wieder unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) ist der Winkel einer Linie, die die Oberfläche der Kollimationslinse **40** mit Bezug auf die Windschutzscheibe schneidet, bei θ_x gezeigt. Werte von θ_x variieren über die Oberfläche der Kollimationslinse. Wie vorstehend erwähnt ist, ist es bevorzugt, dass die Strahlen des parallelgerichteten Lichtstrahls **72** sich innerhalb der Windschutzscheibe **18** unter einem Winkel θ_G von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die Windschutzscheiben-Oberfläche **30** fortpflanzen. Damit die Kollimationslinse die Emitterstrahlen zu dem erforderlichen Winkel von fünfundvierzig Grad hin bricht, kann durch Manipulieren des Snell'schen Gesetzes gezeigt werden, dass:

$$\theta_x = \arctan\left[\frac{\sin(\theta_E) - n \times \sin(\theta_G)}{\cos(\theta_E) - n \times \cos(\theta_G)}\right]$$

[0059] Hierin ist n der Brechungsindex des Kopplers **24**. Der Koppler **24** ist vorzugsweise aus Polycarbonat geformt und hat einen Brechungsindex von $n = 1,57$ bei 880 nm. Alternativ kann der Koppler aus Glas, Acryl oder einem anderen klaren Material hergestellt sein. Anhand dieser Gleichung kann beispielsweise gezeigt werden, dass für einen Emitterwinkel θ_E von 10 Grad ein Winkel der Oberfläche der Kollimationslinse von 76 Grad erforderlich ist. Bei einem derart steilen Winkel wird etwa die Hälfte der Intensität des Strahls von dem Emitter von der Oberfläche der Kollimationslinse weg reflektiert und tritt somit nicht in die Windschutzscheibe **18** ein. Die Reflexion nimmt bei sogar noch kleineren Emitterwinkeln dramatisch zu. Daher stellt diese Beziehung zwischen dem Emitterwinkel und dem Winkel der Oberfläche der Kollimationslinse eine untere Grenze für den Abstand zwischen der Kollimatorlinse **40** und der Emissionsachse **66** her. In gleicher Weise wird dieselbe untere Grenze für den Abstand zwischen der Fokussierlinse **44** und der Erfassungsachse **68** hergestellt. Durch die Fokussierlinse **44** näher als etwa 10 Grad zu der Erfassungsachse **68** hindurchgehende Lichtstrahlen werden intern von der Innenfläche der Fokussierlinse **44** weg reflektiert und reduzieren die Intensität des

fokussierten Strahls, der die Erfassungsfläche **67** erreicht.

[0060] Andere Wirkungen stellen eine obere Grenze des Abstands zwischen der Emissionsachse **66** und der Kollimatorlinse **40** her. Wenn θ_E zunimmt, verringert die Schrägheit die Stärke des Emittierstrahls, der gemäß $\cos \theta_E$ variiert, wie vorstehend beschrieben ist. Auch werden bei Werten von θ_E von etwa fünfzig Grad die emittierten Lichtstrahlen durch das Emittiergehäuse **60** verschattet. Somit ist der Bereich von Winkeln, bei denen eine Einkopplung in die Windschutzscheibe **18** nützlich ist, auf Emittierwinkel zwischen etwa 10 und etwa fünfzig Grad begrenzt. Wieder wird bei kleineren Winkeln ein zu großer Bruchteil des Strahls von der Oberfläche der Kollimatorlinse weg reflektiert. Bei größeren Winkeln reduziert die Schrägheit die Stärke des emittierten Lichts, und das Licht wird durch das Gehäuse des Emitters verschattet. Innerhalb dieses Bereichs von Emittierwinkeln löschen sich die Wirkungen der Reflexion und der Schrägheit grob aus. Somit sind die emittierten Lichtstrahlen vernünftigerweise gleichförmig innerhalb des vorgeschriebenen Bereichs von Emittierwinkeln. Diese Beschränkung des Emittierstrahls hat einen weiteren Vorteil dahingehend, dass sie ermöglicht, dass die Konstruktion in das Erfordernis der Höhe von 5 mm für den Koppler passt. Ein weiterer Bereich von Emittierstrahlen würde einen größeren Koppler erfordern. In gleicher Weise werden Lichtstrahlen, die sich bei über fünfzig Grad von der Erfassungsachse **68** fortpflanzen, aufgrund der hohen Schrägheit kaum von dem Detektor **58** empfangen. Wie bei dem Kollimator **37** ermöglicht eine Beschränkung der Winkel der von der Fokussierlinse **44** durch den Detektor **58** empfangenen Strahlen eine flache Konstruktion des Kopplers **24**.

[0061] Die Oberfläche der Kollimationslinse **40** ist so geformt, dass der Kollimationslinse ermöglicht wird, einen großen Teil der von dem Emittier kommenden Lichtstrahlen parallelzurichten, wenn die Emissionsachse **66** einen schrägen Winkel mit Bezug auf die optische Achse **41** bildet. Vorzugsweise ist die Oberfläche der Kollimationslinse eine kontinuierliche, konvex brechende Oberfläche, obgleich die Oberfläche segmentiert sein kann, wie nachfolgend beschrieben ist. Die angemessene Form der Linsenoberfläche kann unter Verwendung eines optischen Entwurfssoftwaresystems bestimmt werden, wie des Zemax-Systems von Focus Software in Tucson, Arizona. Die sich ergebende Oberflächenform wird am besten durch eine polynomische asphärische Form dargestellt. Die Oberfläche ist durch eine Durchhangfunktion gegeben, die den Abstand z zwischen der Oberfläche und dem Radius von der optischen Achse erzeugt. Die Oberfläche kann zum Zwecke der Illustration sein:

$$z = (cr^2)/(1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}) + \alpha_1 r^2 + \alpha_2 r^4 + \alpha_3 r^6 + \alpha_4 r^8 \dots$$

[0062] Hierin sind:

Koeffizient	Wert
r	unendlich
c	0
a ₁	0,22631484
a ₂	-0,018779505
a ₃	0,0010712278
a ₄	0

[0063] Dieses Verfahren einer asphärischen Linse ist für den Fachmann des Entwerfens optischer Systeme üblich.

[0064] Alternativ kann eine sphärische Linse mit dem Radius von 3,163 mm eingesetzt werden, jedoch wird eine Aberration induziert, die die Intensität des von der Linse übertragenen Lichts herabsetzen kann. Die gegebenen Werte ermöglichen eine leichte Divergenz des parallelgerichteten Strahls, wodurch die Toleranzanforderungen der Emittieranordnung erleichtert werden.

[0065] Obgleich nur ein optischer Pfad erforderlich ist, um einen funktionierenden Feuchtigkeitssensor zu schaffen, kann ein einzelner optischer Pfad eine ungenügende Erfassungsfläche für eine glatte Operation der Wischer ergeben. Es wird nun auf [Fig. 8](#) Bezug genommen, in der ein alternatives Beispiel mit einer unterschiedlichen Anordnung von optischen Komponenten, die mehrere optische Pfade ergeben, vorgesehen ist. Der Sensor **100** des alternativen Ausführungsbeispiels enthält einen ersten und einen zweiten Emittier **156a** und **156b** und einen ersten und einen zweiten Detektor **158a** und **158b**, die auf einer Schaltungsplattenanordnungs-Oberfläche (nicht gezeigt) in einer Weise ähnlich der vorbeschriebenen befestigt sind. Der erste Emittier **156a** befindet sich auf der Schaltungsplatte (nicht gezeigt) in einer ersten Ecke **102a** eines Quadrats **104**, und

der zweite Emitter **156b** befindet sich auf der Schaltungsplatte in einer zweiten Ecke **102b** entgegengesetzt zur ersten Ecke **102a**. Der erste und der zweite Emitter **156a** und **156b** enthalten Emissionsachsen (nicht gezeigt) ähnlich der Emissionsachse **69** des in [Fig. 4](#) gezeigten Emitters **56**. Der erste Detektor **158a** befindet sich auf der Schaltungsplatte in einer dritten Ecke **102c** des Quadrats **104**, und der zweite Detektor **158b** befindet sich auf der Schaltungsplatte in einer vierten Ecke **102d** gegenüber der dritten Ecke **102c**. Der erste und der zweite Detektor **158a** und **158b** enthalten Erfassungsachsen (nicht gezeigt), die ähnlich der Erfassungsachse **68** des in [Fig. 4](#) gezeigten Detektors **56** sind. Die Schaltungsplatte ist in einem in [Fig. 3](#) gezeigten Gehäuse **28** in einer ähnlichen Weise wie die vorbeschriebene Schaltungsplatte befestigt.

[0066] Der Sensor **100** enthält einen Koppler **106** mit einer Befestigungsfläche (nicht gezeigt), die an der Windschutzscheibe in einer Weise ähnlich dem vorbeschriebenen Koppler **24** befestigt ist. Das Gehäuse **28** ist an dem Koppler **106** in einer Weise ähnlich dem vorbeschriebenen Koppler **24** angebracht. Der Koppler **106** enthält einen ersten Kollimator **108a**, der sich benachbart dem ersten Emitter **156a** an der ersten Ecke **102a** befindet, wenn das Gehäuse **28** an dem Koppler **106** befestigt ist. Der Koppler **106** enthält auch einen zweiten Kollimator **108b**, der sich benachbart dem zweiten Emitter **156b** an der zweiten Ecke **102b** befindet, wenn das Gehäuse **28** an dem Koppler **106** befestigt ist. Jeder Kollimator **108a** und **108b** enthält zwei Kollimationskörper **109** und zwei Kollimationslinsen **110**. Die beiden Kollimationslinsen **110** stoßen aneinander an, so dass ihre optischen Achsen **111** einen Winkel von annähernd neunzig Grad bilden, wenn sie in [Fig. 8](#) gezeigt betrachtet werden. Die Kollimationslinsen **110** sind vorzugsweise integral mit den Kollimationskörpern **109** ausgebildet, obgleich getrennte Linsen benachbart jedem Kollimationskörper angeordnet sein können, wie vorstehend beschrieben ist.

[0067] Jede der Kollimationslinsen **110** ist ähnlich der vorstehend beschriebenen Kollimationslinse **40**, und wird, um eine Verdopplung zu vermeiden, nicht in solchen Einzelheiten beschrieben. Jede Kollimationslinse **110** hat eine körperliche Mitte, eine optische Mitte und eine optische Achse ähnlich der körperlichen Mitte **84**, der optischen Mitte **86** und der optischen Achse **41** der in den [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigten Kollimationslinse **40**, Kollimationslinsen **110** des ersten Kollimators **108a** befinden sich benachbart dem ersten Emitter **156a**, derart, dass jede der optischen Achsen einen schrägen Winkel mit Bezug auf die vorbeschriebene Emitterachse bildet. Die Kollimationslinsen **110** des zweiten Kollimators **108b** befinden sich angrenzend an den zweiten Emitter **156b** derart, dass jede der optischen Achsen einen schrägen Winkel mit Bezug auf die vorbeschriebene Emitterachse bildet. Die Oberfläche der Kollimationslinsen **110** ist ähnlich der vorbeschriebenen Kollimationslinse **40** gebildet, derart, dass die optische Mitte gegenüber der körperlichen Mitte aus den vorbeschriebenen Gründen versetzt ist. Der Koppler **106** enthält auch eine erste Fokussiervorrichtung **114a**, die sich benachbart dem ersten Detektor **158a** an der dritten Ecke **102c** befindet, wenn das Gehäuse **28** an dem Koppler **106** befestigt ist. Der Koppler **106** enthält weiterhin eine zweite Fokussiervorrichtung **114b**, die sich benachbart dem zweiten Detektor **158b** an der vierten Ecke **102d** befindet, wenn das Gehäuse **28** an dem Koppler **106** befestigt ist. Jede Fokussiervorrichtung **114a** und **114b** enthält zwei Fokussierkörper **115** und zwei Fokussierlinsen **116**. Die beiden Fokussierlinsen **116** stoßen so aneinander an, dass ihre optischen Achsen **117** einen Winkel von annähernd neunzig Grad bilden, wenn sie wie in [Fig. 8](#) gezeigt betrachtet werden. Die Fokussierlinsen **116** sind vorzugsweise integral mit den Fokussierkörpern **115** ausgebildet, obgleich getrennte Linsen angrenzend an jeden Fokussierkörper angeordnet sein können, wie vorstehend beschrieben ist. Eine Ecke jeder Kollimationslinse **110** und Fokussierlinse **116** ist entfernt, um die Nebeneinanderanordnung zu ermöglichen, aber das Leistungsvermögen der Linsen wird nicht beeinträchtigt.

[0068] Jede der Fokussierlinsen **116** ist ähnlich der vorbeschriebenen Fokussierlinse **44**, und zur Vermeidung einer Verdopplung wird sie nicht derart detailliert beschrieben. Jede Fokussierlinse **116** hat eine körperliche Mitte, eine optische Mitte und eine optische Achse ähnlich der körperlichen Mitte **92**, der optischen Mitte **94** und der optischen Achse **45** der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Fokussierlinse **44**. Die Fokussierlinsen **116** der ersten Fokussiervorrichtung **114a** befinden sich benachbart dem ersten Detektor **158a** derart, dass jede der optischen Achsen einen schrägen Winkel mit Bezug auf die vorbeschriebene Emitterachse bildet. Die Fokussierlinsen **116** der zweiten Fokussiervorrichtung **114b** befinden sich benachbart dem zweiten Detektor **158b** derart, dass jede der optischen Achsen einen schrägen Winkel mit Bezug auf die vorbeschriebene Emitterachse bildet. Die Oberfläche der Fokussierlinsen **116** ist ähnlich der vorbeschriebenen Fokussierlinse **44** derart ausgebildet, dass die optische Mitte gegenüber der körperlichen Mitte aus den vorbeschriebenen Gründen versetzt ist.

[0069] Vier optische Pfade **173a**, **173b**, **173c** und **173d** sind vorgesehen. Der erste optische Pfad **173a** erstreckt sich von dem ersten Emitter **156a** durch eine Kollimatorlinse **110** und einen Kollimatorkörper **109** des ersten Kollimators **108a**, in die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche zu einem ersten Abtastbereich **174a**, zurück durch die Windschutzscheibe unter einem

Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche der Windschutzscheibe, durch einen Fokussierkörper **115** und eine Fokussierlinse **116** der ersten Fokussiervorrichtung **114a** zu dem ersten Detektor **158a**. Der zweite optische Pfad **173b** erstreckt sich von dem zweiten Emittierer **156b** durch eine Kollimatorlinse **110** und einen Kollimatorkörper **109** des zweiten Kollimators **108b**, in die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche zu einem zweiten Abtastbereich **174b**, zurück durch die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche der Windschutzscheibe, durch den Fokussierkörper **115** und die Fokussierlinse **116** der ersten Fokussiervorrichtung **114a** zu dem ersten Detektor **158a**.

[0070] Der dritte optische Pfad **173c** erstreckt sich von dem ersten Emittierer **156a** durch eine Kollimatorlinse **110** und einen Kollimatorkörper **109** des ersten Kollimators **108a**, in die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche zu einem zweiten Abtastbereich **174c**, zurück durch die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche der Windschutzscheibe, durch den Fokussierkörper **115** und die Fokussierlinse **116** der zweiten Fokussiervorrichtung **114b** zu dem zweiten Detektor **158b**. Der vierte optische Pfad **173d** erstreckt sich von dem zweiten Emittierer **156b** durch die Kollimatorlinse **110** und den Kollimatorkörper **109** des zweiten Kollimators **108b**, in die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche zu einem vierten Erfassungsbereich **174d**, zurück durch die Windschutzscheibe unter einem Winkel von fünfundvierzig Grad mit Bezug auf die innere Oberfläche der Windschutzscheibe, durch den Fokussierkörper **115** und die Fokussierlinse **116** der zweiten Fokussiervorrichtung **114b** zu dem zweiten Detektor **158b**.

[0071] Im Betrieb emittieren die Emittierer **156a** und **156b** divergierende Lichtstrahlen so in eine Halbkugel, dass jede der benachbarten Kollimatorlinsen **110** eine gleiche Lichtmenge empfängt. Die beiden Kollimationskörper **109** und Linsen **110** bei dem ersten Kollimator **108a** erzeugen einen ersten und einen zweiten parallelgerichteten Lichtstrahl **172a** und **172b**, ähnlich dem vorbeschriebenen parallelgerichteten Strahl **72**. Der erste und der zweite parallelgerichtete Lichtstrahl **172a** und **172b** werden unter zueinander rechten Winkeln zerspleißt, wenn sie wie in [Fig. 8](#) gezeigt betrachtet werden, und jeder Lichtstrahl bewegt sich entlang des ersten bzw. dritten optischen Pfads **173a** und **173c**. Die beiden Kollimationskörper **109** und -linsen **110** bei dem zweiten Kollimator **108b** erzeugen einen dritten und einen vierten parallelgerichteten Lichtstrahl **172c** und **172d**, ähnlich dem vorbeschriebenen parallelgerichteten Strahl **72**. Der dritte und der vierte parallelgerichtete Lichtstrahl **172c** und **172d** werden unter zueinander rechten Winkeln zerspleißt, und jeder Lichtstrahl bewegt sich entlang des zweiten bzw. vierten optischen Pfads **173b** und **173d**.

[0072] Der erste parallelgerichtete Lichtstrahl **172a** wird durch die äußere Oberfläche der Windschutzscheibe in dem ersten Erfassungsbereich **174a** reflektiert, zurück durch den Fokussierkörper **115** und die Fokussierlinsen **116** zu dem ersten Detektor **158a**. Wenn Feuchtigkeit in dem ersten Erfassungsbereich auf der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe vorhanden ist, wird ein Teil des parallelgerichteten Lichtstrahls nicht zurück in die Fokussiervorrichtung **114** reflektiert, und der erste Detektor **158a** emittiert ein Signal entsprechend der Änderung des erfassten Lichts. Das Signal wird durch die Signalverarbeitungsschaltung (nicht gezeigt) ähnlich der in [Fig. 2](#) gezeigten Signalverarbeitungsschaltung **59** verarbeitet, und die Wischer werden entsprechend gesteuert. In gleicher Weise werden der zweite, dritte und vierte parallelgerichtete Lichtstrahl von den entsprechenden Erfassungsbereichen wegreflektiert, und der erste oder zweite Detektor erfasst jegliche Änderungen in dem empfangenen Licht. Durch Verwendung von vier Erfassungsbereichen kann der Feuchtigkeitssensor **100** eine verbesserte Wischersteuerung und erhöhte Sichtbarkeit erzielen.

[0073] Die Anordnung der optischen Komponenten bei dem Feuchtigkeitssensor **100** nach dem alternativen Ausführungsbeispiel ergibt ein ausgeglichenes optisches System, da die vier optischen Pfade **102** gleiche Länge und gleichen optischen Wirkungsgrad haben. Diese Anordnung kompensiert Differenzen im Wirkungsgrad zwischen Emittierern **56**, die beträchtlich variieren kann. Beide Detektoren **58** empfangen eine gleiche Lichtmenge von einem bestimmten Emittierer, und die Summe des von beiden Emittierern empfangenen Lichts ist für jeden Detektor dieselbe.

[0074] Es wird auf [Fig. 9](#) Bezug genommen, in der ein ausgeglichenes elektrisches System **190** zur Verwendung in Verbindung mit dem vorbeschriebenen ausgeglichenen optischen System gezeigt ist, um ein ausgeglichenes Feuchtigkeitssensorsystem zu ergeben. Eine gepulste Stromquelle treibt die Emittierer **156a** und **156b**, die vorzugsweise durch die Leitung **191** in Reihe geschaltet sind. Ein Lichtstrahl (dargestellt durch gestrichelte Linien **172a**, **172b**, **172c**, **172d**), der sich entlang eines optischen Pfads bewegt, koppelt jeden Emittierer **156a**, **156b** mit jedem Detektor **158a**, **158b**. Jeder optische Pfad hat eine gleiche Länge und einen ähnlichen optischen Wirkungsgrad. Die Detektoren **158a**, **158b** arbeiten in der Strombetriebsart und sind in einem gemeinsamen Stromsummierungsknoten **192** miteinander verbunden. Eine mit dem Knoten **192** verbundene Signal-

verarbeitungs- und -steuerschaltung erfasst die Anwesenheit von Regen. Für ein perfekt ausgeglichenes Feuchtigkeitssensorsystem fließt bei Abwesenheit von Regen kein Strom von dem Knoten **192** zu der Signalverarbeitungs- und -steuerschaltung. Ein ausgeglichenes Feuchtigkeitssensorsystem ist wünschenswert, da es einen geringeren dynamischen Bereich der Signalverarbeitungsschaltung erfordert und die Fähigkeit des Systems zur Zurückweisung von Umgebungslicht erhöht.

[0075] Moderne solargesteuerte Windschutzscheiben wie Windschutzscheiben, die unter der Marke "EZ-KOOL" verkauft und kommerziell von Libbey Owens Ford, Co. erhältlich sind, verringern den Durchgang von Infrarotlicht durch die Windschutzscheibe. Auf derartigen Windschutzscheiben verwendete optische Feuchtigkeitssensoren müssen einen hohen Wirkungsgrad haben, da die Windschutzscheibe den Durchgang des Infrarotstrahls von dem Emitter zu dem Detektor reduziert. Der vorbeschriebene Feuchtigkeitssensor **100** ergibt einen effizienten Sensor, der in der Lage ist, bei diesen solargesteuerten Windschutzscheiben verwendet zu werden. Feuchtigkeitssensoren wie vorbeschrieben wurden auf solargesteuerten Windschutzscheiben der Marke "EZ-KOOL" geprüft unter Verwendung von Kopplern, die aus Polyester-Gießharz gebildet sind, welche 17 Mikroampere pro Ampere Emitterstrom erzeugen, was für eine typische Signalverarbeitungsschaltung ausreichend ist. Der Feuchtigkeitssensor ergab eine kombinierte Erfassungsfläche von 57 Quadratmillimetern unter Verwendung von nur zwei Emittieren und zwei Detektoren, und Produktionsversionen haben voraussichtlich noch größere Erfassungsflächen.

[0076] Es wird nun auf [Fig. 10](#) Bezug genommen, in der ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Kollimatorlinse gezeigt ist, die eine segmentierte Linse oder Fresnel-Linse **202** anstelle der vorbeschriebenen kontinuierlichen konvexen Linse **40** verwendet. Die Fresnel-Linse **202** kann auch als die Fokussierlinse anstelle der vorbeschriebenen kontinuierlichen konvexen Fokussierlinse **44** verwendet werden. Aufgrund der vorbeschriebenen Ähnlichkeit zwischen der Kollimationslinse und der Fokussierlinse wird nur ein Fresnel-Linsen-Kollimator diskutiert. Eine ähnliche Fresnel-Linse kann für die Fokussiervorrichtung verwendet werden, die in gleicher Weise wie die vorbeschriebene kontinuierliche Konvexlinsen-Fokussiervorrichtung **40** arbeitet.

[0077] Die Fresnel-Kollimatorlinse **202** hat den Vorteil, dass der Linsenbereich und somit der Feuchtigkeitssensor insgesamt noch dünner ausgebildet werden kann. Der sich ergebende dünnere Koppler **24** ergibt sich unter dem Verlust von optischem Wirkungsgrad, und eine etwas komplexere Form zur Bildung des Kopplers und der Linsen **202** wird benötigt. Eine derartige Linse kann konstruiert werden durch Projizieren der Oberfläche der Kollimatorlinse nach den [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) auf die innere Oberfläche des Kopplers **24**, zugelassen zur Erweiterung auf eine Tiefe D in einer Modulo-Operation. Dies ergibt eine Kollimatorlinse **202**, die aus einer Anzahl von Brechungssegmenten **204** gebildet ist. Es ist festzustellen, dass im Gegensatz zu der gemeinsamen Konstruktion einer Fresnel-Linse die Ebene der Projektion der Lichtstrahlen nicht orthogonal zu der optischen Achse ist, sondern vielmehr abgewinkelt, um eine Reflexion an der äußeren Oberfläche des Glases zu erhalten, wie vorstehend beschrieben ist. Alternativ können optische Entwurfsprogramme wie das vorgenannte Zemax verwendet werden, um die geforderte Oberfläche direkt zu erzeugen, wobei geeignete Neigungsbefehle verwendet werden, um die gewünschte Projektionsebene zu erzielen. Als ein weiteres Verfahren zur Erzeugung der Oberfläche kann die vom Snell'schen Gesetz abgeleitete Formel verwendet werden, um die erforderlichen Winkel zu erzeugen.

[0078] Der Nachteil der segmentierten Ausbildung besteht darin, dass Verschlussbereiche geschaffen werden, wie bei **206** gezeigt ist. Verschlussbereiche **206** treten auf, wenn Lichtstrahlen auf ein unnützes Rückkehrsegment **208** treffen. Derartige Segmente werden benötigt, um die Geometrie der Linse innerhalb der Tiefe D zu halten. Die Verschlussbereiche **206** sind jedoch nicht in der Lage, Licht in der gewünschten Richtung zu lenken und verschlechtern den optischen Wirkungsgrad des Systems. Die in [Fig. 8](#) gezeigte Mehrpfadkonfiguration ist nicht modifiziert. In gleicher Weise bleibt das Befestigungsverfahren unverändert. Die Fresnel-Ausbildung kann mit vielen Segmenten hergestellt werden, wie gezeigt ist, oder mit so wenigen wie zwei. Auch kann, während es bevorzugt ist, dass die Projektion auf die Ebene der Innenwand der Kopplers erfolgen soll, die Projektionsebene etwas zu den optischen Vorrichtungen hin geneigt sein. Eine derartige Implementierung erfordert weniger Verschlussbereiche.

[0079] Zusätzlich zu der vorderen Windschutzscheibe eines Motorfahrzeugs kann der Feuchtigkeitssensor nach der vorliegenden Erfindung auch auf anderen Glasoberflächen zur Erfassung von Feuchtigkeit verwendet werden.

Patentansprüche

1. Feuchtigkeitssensor (**10**) zur Befestigung auf einer ersten Oberfläche einer Glasscheibe (**18**), um Feuch-

tigkeit in einem Erfassungsbereich auf einer zweiten Oberfläche (32) der Glasscheibe (18) zu erfassen, welcher Feuchtigkeitssensor (10) aufweist: einen Koppler (24) zur Befestigung auf der ersten Oberfläche (30) der Glasscheibe (18) für das optische Koppeln von Lichtstrahlen in das und aus dem Glas (18); ein an dem Koppler (24) befestigtes Gehäuse (28); eine planare Schaltungsplatte (26), die in dem Gehäuse (28) befestigt ist und eine Vorrichtungsfläche (54) aufweist, die sich im Allgemeinen parallel zu der ersten Oberfläche (30) der Glasscheibe (18) befindet; einen Emitter (56), der an der Vorrichtungsfläche (54) befestigt ist, um Lichtstrahlen um eine Emissionsachse (66), die sich von dem Emitter (56) angenähert senkrecht zu der Vorrichtungsfläche (54) erstreckt, herum zu emittieren; eine Kollimationsvorrichtung (37), die optisch mit dem Koppler (24) gekoppelt ist zum Parallelrichten von Lichtstrahlen von dem Emitter (56) in ein parallel gerichtetes Lichtbündel (72), welche Kollimationsvorrichtung (37) so angeordnet ist, dass eine erste optische Achse einen ersten schiefen Winkel (69) mit Bezug auf die Emissionsachse (66) bildet; einen Detektor (58) mit einer Erfassungsfläche (67) und einer Erfassungsachse (68), die sich von der Erfassungsfläche (67) erstreckt, um auf die Erfassungsfläche (67) um die Erfassungsachse (68) herum auftreffendes Licht zu erfassen und zum Erzeugen von Signalen als Antwort auf das erfasste Licht, welcher Detektor (58) derart auf der Vorrichtungsfläche (54) der planaren Schaltungsplatte (26) befestigt ist, dass die Erfassungsachse (68) angenähert senkrecht zu der Vorrichtungsfläche (54) ist; und eine Fokussiervorrichtung (42), die optisch mit dem Koppler (24) gekoppelt ist, um das parallel gerichtete Lichtbündel (72) in einen konvergierenden Strahlenfächer auf die Erfassungsfläche (67) zu fokussieren, welche Fokussiervorrichtung (42) derart angeordnet ist, dass eine zweite optische Achse einen zweiten schiefen Winkel (71) mit Bezug auf die Erfassungsachse (68) bildet;

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kollimationsvorrichtung (37) eine Lichtempfangsöffnung (82) mit einer körperlichen Mitte (84) und einer optischen Mitte (86) derart hat, dass sich die erste optische Achse durch die optische Mitte (86) erstreckt und die optische Mitte (86) einen Abstand von der körperlichen Mitte (84) aufweist, und die Fokussiervorrichtung (42) eine Lichtübertragungsöffnung (90) mit einer körperlichen Mitte (92) und einer optischen Mitte (94) derart hat, dass sich die zweite optische Achse durch die optische Mitte (94) erstreckt und die optische Mitte (94) im Abstand von der körperlichen Mitte (92) angeordnet ist.

2. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem die Kollimationsvorrichtung (37) eine Kollimationslinse (40) enthält und die Fokussiervorrichtung (42) eine Fokussierlinse (44) enthält.

3. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 2, bei dem der Koppler (24), die Kollimationsvorrichtung (37), die Kollimationslinse (40), die Fokussiervorrichtung (42) und die Fokussierlinse (44) integral aus einem einzelnen Materialstück gebildet sind.

4. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, weiterhin enthaltend eine Signalverarbeitungsschaltung (59), die auf der Schaltungsplatte (26) befestigt und mit dem Emitter (56) und dem Detektor (58) verbunden ist zum Steuern des von dem Emitter (56) emittierten Lichts und zum Verarbeiten der Signale von dem Detektor (58).

5. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem der erste schiefe Winkel (69) zwischen neununddreißig und einundfünfzig Grad liegt und der zweite schiefe Winkel (71) zwischen neununddreißig und einundfünfzig Grad liegt.

6. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem die optische Mitte (86) der Lichtempfangsöffnung (82) der Kollimationsvorrichtung um zumindest 20% der Breite der Lichtempfangsöffnung (82) gegenüber der körperlichen Mitte (84) der Lichtempfangsöffnung (82) versetzt ist.

7. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem die optische Mitte (86) der Lichtübertragungsöffnung (82) der Fokussiervorrichtung um zumindest 20% der Breite der Lichtübertragungsöffnung (82) gegenüber der körperlichen Mitte (84) der Lichtübertragungsöffnung (82) versetzt ist.

8. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem die Kollimationsvorrichtung (37) angeordnet ist, um von dem Emitter (56) emittierte Lichtstrahlen parallel zu richten, wobei die Lichtstrahlen im Bereich von angenähert zehn bis angenähert fünfzig Grad mit Bezug auf die Emissionsachse (66) liegen.

9. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem die Fokussiervorrichtung (42) angeordnet ist, um ein parallel gerichtetes Lichtbündel (72) in einen konvergierenden Strahlenfächer auf die Erfassungsfläche (67) zu fokussieren, wobei der Lichtstrahlenfächer im Bereich von angenähert zehn bis angenähert fünfzig Grad mit Bezug auf die Erfassungsachse (68) liegt.

10. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 2, bei dem die Kollimationslinse (40) und die Fokussierlinse (44)

kontinuierliche Konvexlinsen sind.

11. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 1, bei dem die Kollimationsvorrichtung (37) eine segmentierte Kollimationslinse (40) enthält und die Fokussiervorrichtung (42) eine segmentierte Fokussierlinse (44) enthält.

12. Feuchtigkeitssensor nach Anspruch 2, bei dem weiterhin die Kollimationsvorrichtung (37) eine zweite Kollimationslinse (40) enthält und die Fokussiervorrichtung (42) eine zweite Fokussierlinse (44) enthält, und der Feuchtigkeitssensor (10) weiterhin einen zweiten Emittter (56) und einen zweiten Detektor (58), die auf der Vorrichtungsfläche (54) befestigt sind, eine zweite Kollimationsvorrichtung (37), die optisch mit dem Koppler (24) gekoppelt ist und eine dritte und eine vierte Kollimationslinse (40) enthält, und eine zweite Fokussiervorrichtung (42), die optisch mit dem Koppler (24) gekoppelt ist und eine dritte und eine vierte Fokussierlinse (44) enthält, enthält, wobei Lichtstrahlen von beiden Emitttern (56) in Lichtbündel parallel gerichtet werden und die Lichtbündel auf beide Detektoren (58) fokussiert werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

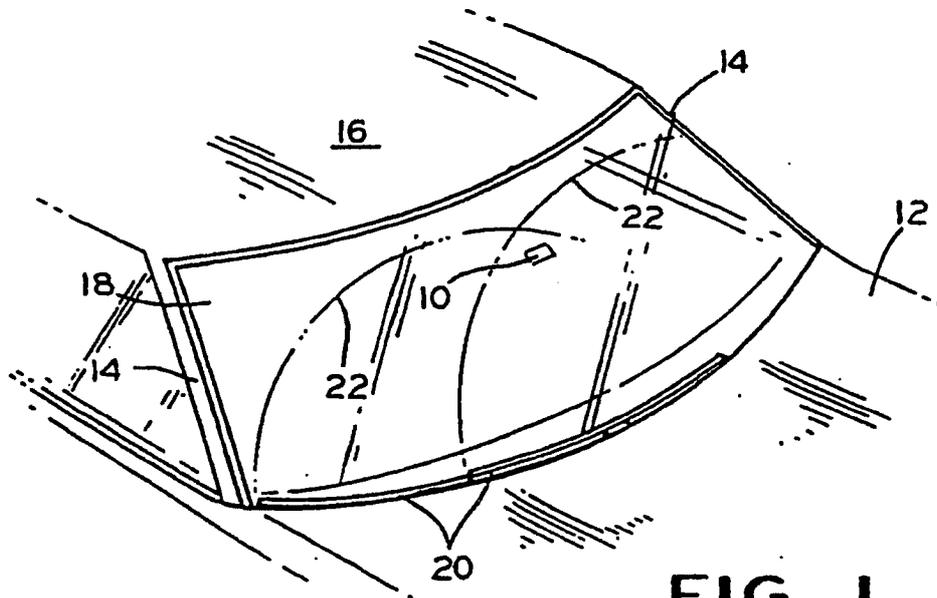


FIG. 1

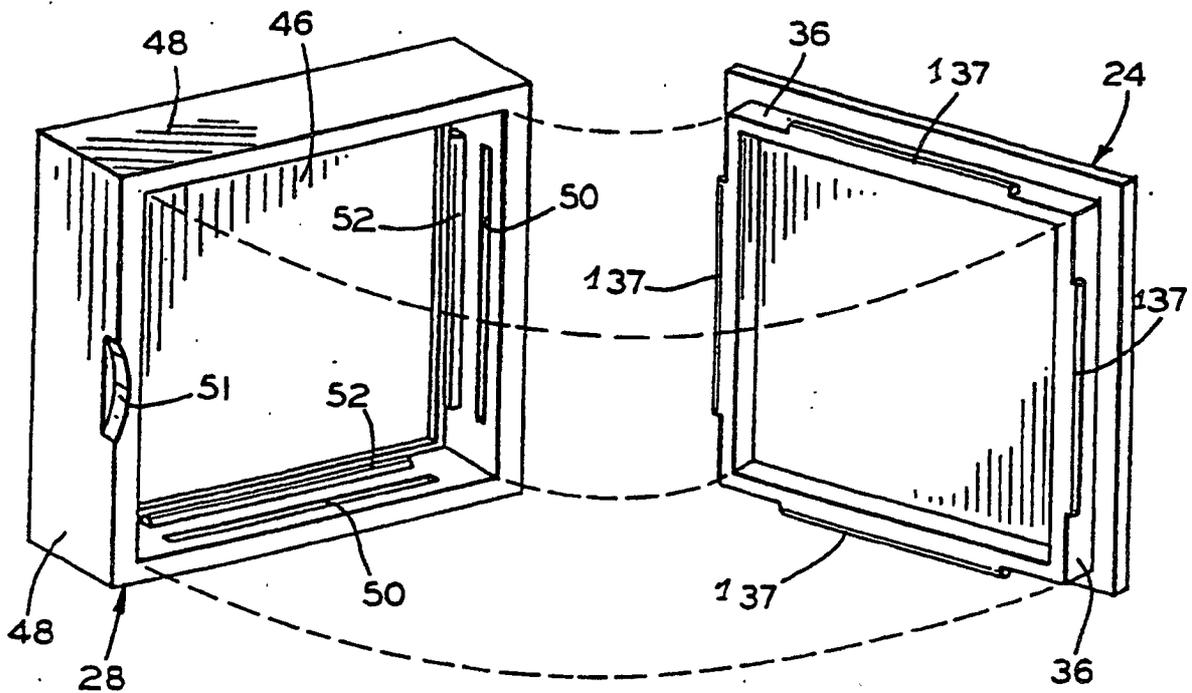


FIG. 3

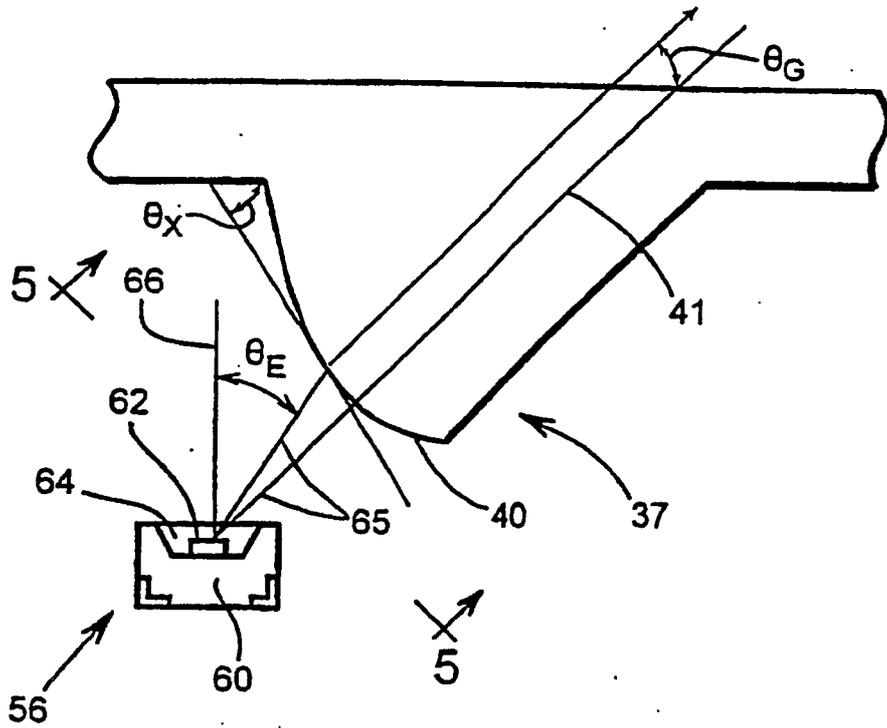


FIG. 4

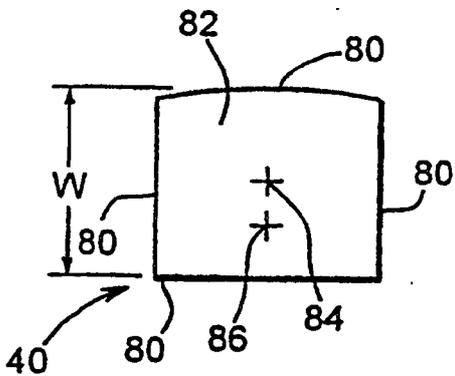


FIG. 5

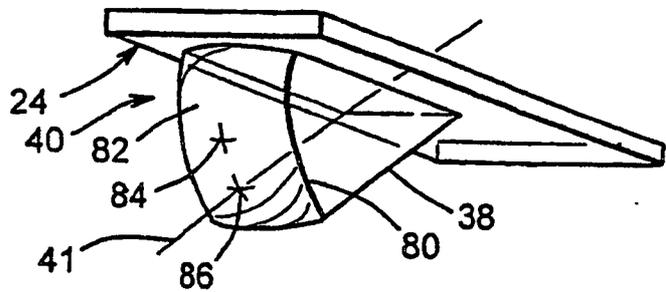


FIG. 6

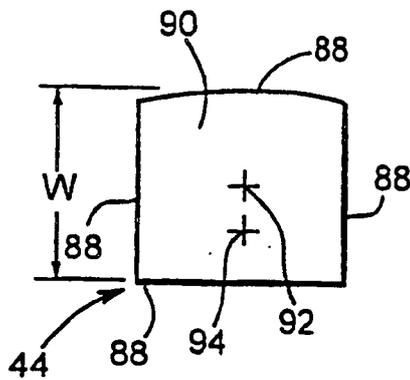


FIG. 7

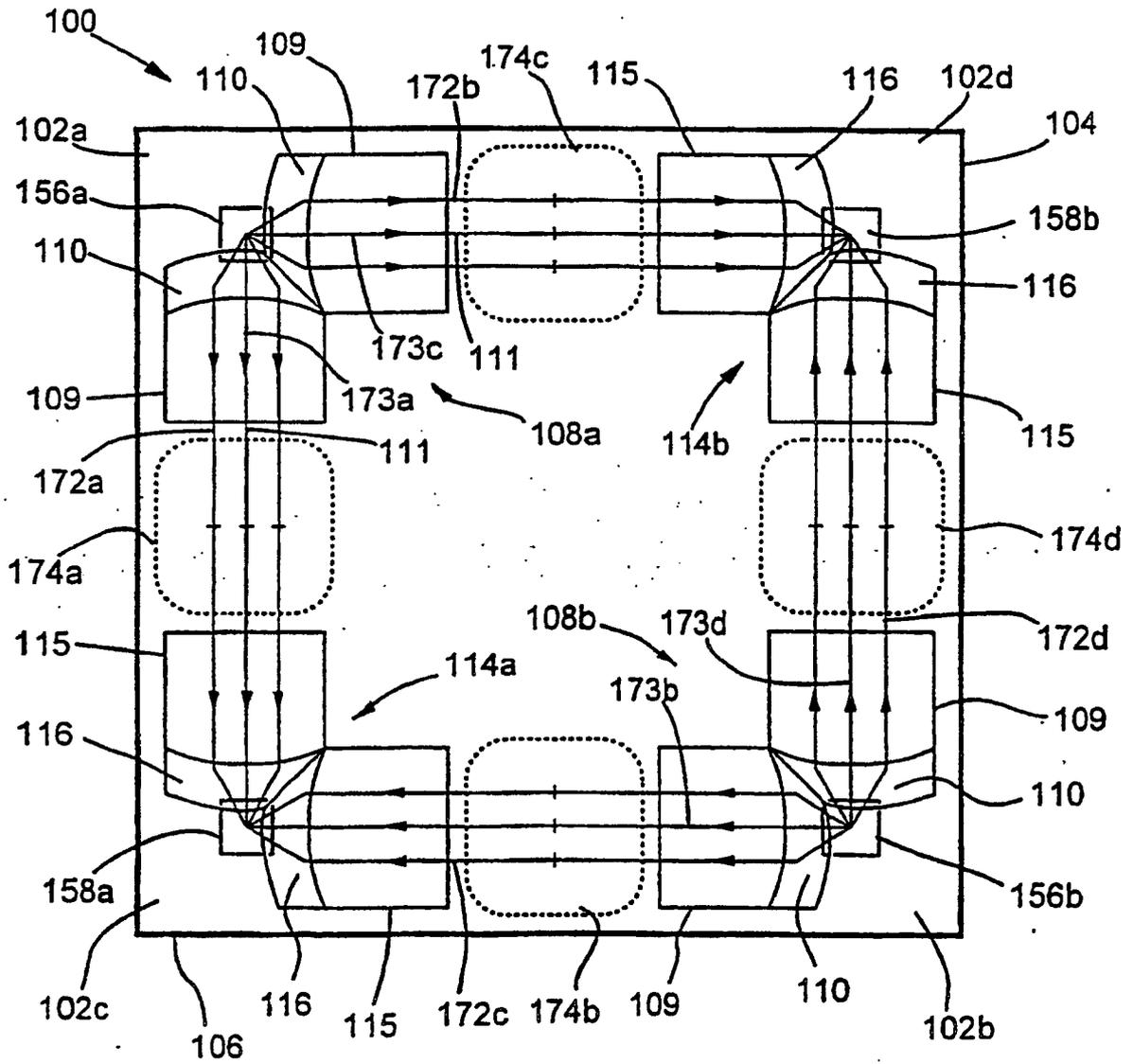


FIG. 8

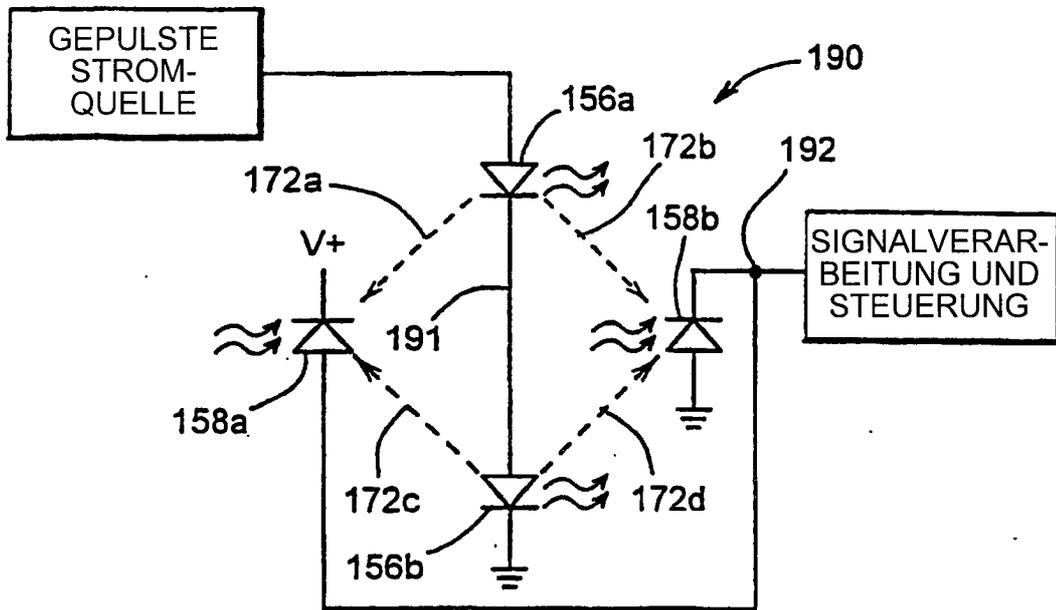


FIG. 9

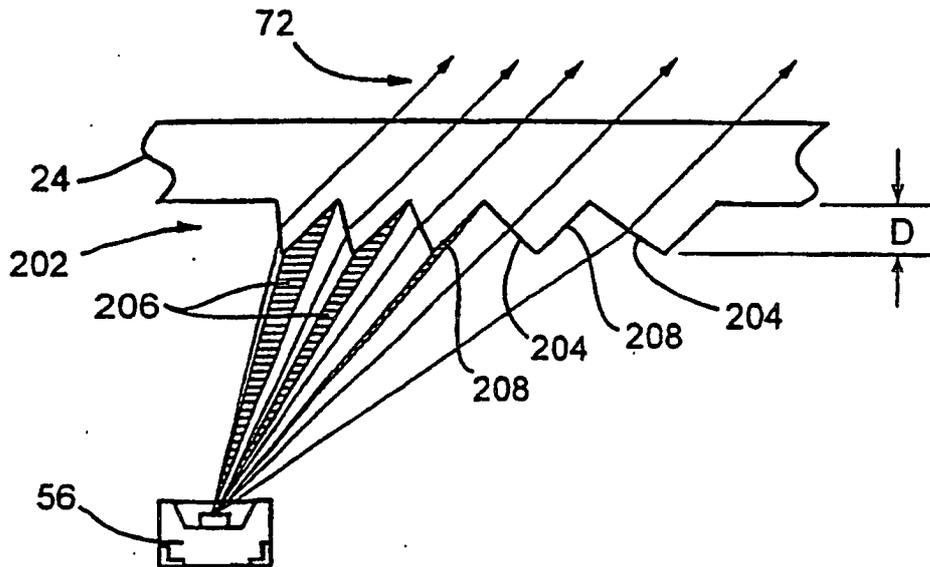


FIG. 10