

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Februar 2009 (12.02.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/018907 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60R 11/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/005840

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Juli 2008 (17.07.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 037 091.3 6. August 2007 (06.08.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstrasse 137,
70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EGGERS, Helmuth**
[DE/DE]; Frankenstr. 20, 71063 Sindelfingen (DE). **MOI-
SEL, Jörg** [DE/DE]; Krummenweg 4, 89233 Neu-Ulm
(DE).

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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: NIGHT VISION SYSTEM FOR MOTOR VEHICLES

(54) Bezeichnung: NACHTSICHTSYSTEM FÜR KRAFTFAHRZEUGE

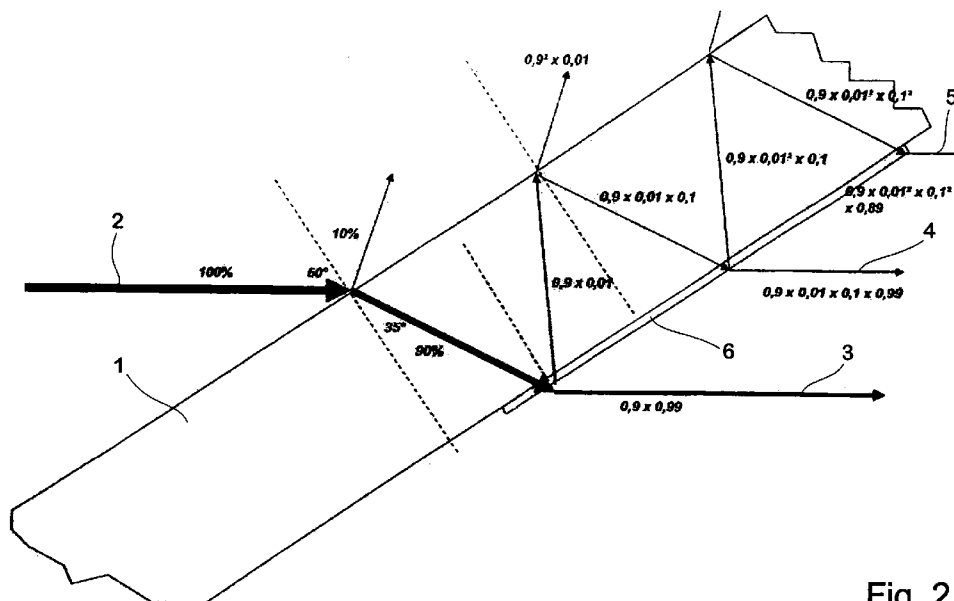


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to night vision systems for motor vehicles, comprising a camera that is located behind a suitable window (1) of the motor vehicle and a planar transparent element (6) which is arranged between the window and the camera within the light path of the camera. In order to prevent the night vision system from being dazzled by oncoming vehicles that are equipped with the same systems, the planar transparent element is adequately disposed and designed, e.g. by resting the planar transparent element against the window without leaving an optical boundary surface therebetween and by providing the planar transparent element with an anti-reflective coating.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/018907 A2



BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Nachtsichtsysteme für Kraftfahrzeuge, die eine hinter einer geneigten Scheibe (1) des Kraftfahrzeugs angeordnete Kamera und ein flächiges transparentes Element (6) aufweisen, das im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera angeordnet ist. Durch geeignete Anordnung und Ausbildung des flächigen transparenten Elements kann man das Nachtsichtsystem auf einfache Weise von Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge mit ebensolchen Systemen befreien, etwa indem das flächige transparente Element ohne optische Grenzfläche dazwischen an der Scheibe (1) anliegt und eine Antireflexbeschichtung aufweist.

Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge

Die Erfindung betrifft Nachtsichtsysteme für Kraftfahrzeuge, die eine hinter einer geneigten Scheibe des Kraftfahrzeugs angeordnete Kamera und ein flächiges transparentes Element aufweisen, das im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera angeordnet ist, gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Ein derartiges System - wenn auch nicht ausschließlich für Nachtsicht - ist aus der DE 102 37 608 A1 bekannt. Das flächige transparente Element ist eine in einem Abstand von der Scheibe parallel dazu angeordnete Zusatzscheibe. Die zwischen der Scheibe und der Zusatzscheibe eingeschlossene Luftschicht soll das Beschlagen der Scheibe(n) verhindern.

Ein ähnliches System ist aus der DE 101 60 669 B4 bekannt. Das flächige transparente Element ist in einem Abstand von der Scheibe parallel dazu angeordnet und hat eine verhältnismäßig große Dicke. Es bricht das von zu erfassenden Objekten kommende Licht, das durch die Scheibe gelangt ist, zweifach, um die Kamera näher an der Scheibe anordnen zu können.

Aus der DE 103 42 837 A1 ist außerdem ein Kamerasystem in Kraftfahrzeugen bekannt, das eine hinter einer geneigten Scheibe des Kraftfahrzeugs angeordnete Kamera und ein optisches Prisma aufweist, das annähernd denselben

Brechungsindex wie die Scheibe hat, im Lichtweg der Kamera an die Scheibe geklebt ist und eine Lichtaustrittsfläche hat, die im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse des Kamerasystems liegt. Damit werden Reflexionen bzw. Brechung in der geneigten Scheibe verhindert. Laut Beschreibungseinleitung der vorstehend genannten Anmeldung wurde früher auch schon vorgeschlagen, die Scheibe mit einer Antireflexbeschichtung zu versehen, was jedoch eine aufwändige Behandlung der Scheibe erfordert.

Der vorliegenden Erfindung liegt das folgende Problem zugrunde. Es wurde festgestellt, dass, wenn sich zwei mit IR-Nachtsichtsystemen ausgerüstete Fahrzeuge begegnen, die IR-Scheinwerfer des entgegenkommenden Fahrzeugs im von der Kamera aufgenommenen Bild einen Hof erzeugen oder "aufblühen". Dieser Effekt kann so stark sein, dass wichtige Details wie z.B. Personen auf der Fahrbahn im Bild nicht mehr erkennbar sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge mit möglichst einfachen Mitteln von Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge mit ebensolchen Systemen zu befreien.

Diese Aufgabe wird bei gattungsgemäßen Nachtsichtsystemen jeweils durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es zwar mehrere Faktoren gibt, die für die beobachtete Blendung verantwortlich sein können, dass aber der vermutlich überwiegende Faktor bzw. die wahrscheinlichste Ursache Doppelbilder und eventuell Mehrfachbilder aufgrund von Mehrfachreflexionen innerhalb der Scheibe sind. Die

Lichtstärken von solchen Mehrfachbildern sind im Vergleich zum direkt durchgelassenen Licht zwar gering, jedoch erscheinen die Mehrfachbilder aufgrund der logarithmischen Empfindlichkeitskennlinie des bildgebenden Chips in der CCD-Kamera in dem davon aufgenommenen Bild wesentlich heller als sie tatsächlich sind, und die sich überlagernden Mehrfachbilder erscheinen als "Aufblühen" der Scheinwerferbilder überwiegend in vertikaler Richtung.

Reflexionen des einfallenden Lichts innerhalb der Scheibe könnte man zwar mit einer Prismenanordnung wie in der DE 103 42 837 A1 oder mit einer Antireflexbeschichtung der Scheibe beseitigen. Beide konventionellen Lösungen sind aber relativ aufwändig, und insbesondere ist es kaum möglich, vorhandene Nachtsichtsysteme damit nachzurüsten.

Bei der Erfindung kann das flächige transparente Element eine Glas- oder Kunststoffplatte oder -folie mit konstanter Dicke sein, welche wesentlich einfacher als ein Prisma herzustellen ist.

In der Ausführungsform, in der das flächige transparente Element eine Antireflexbeschichtung aufweist, kann diese mit wenig Aufwand bei der Herstellung des transparenten Elements aufgebracht werden.

Ebenfalls wenig Aufwand erfordert die Ausführungsform, in der das flächige transparente Element eine unter einem kleinen Winkel von z.B. einigen Grad zur Scheibe des Kraftfahrzeugs geneigte ebene Zusatzscheibe ist, die entweder mit einer geeigneten Halterung oder vorzugsweise mittels eines transparenten Füllmaterials wie z.B. brechungsindexangepasstem Epoxidharz, das einen keilförmigen Freiraum zwischen der Scheibe und der Zusatzscheibe ausfüllt,

an der Scheibe befestigt wird. Diese geneigte Zusatzscheibe kann zusätzlich eine Antireflexbeschichtung aufweisen, muss es aber nicht.

Bei modernen Kraftfahrzeugen kann die Scheibe um bis zu 60° oder mehr nach hinten geneigt sein. Bei einer Neigung von 60° liegt der Einfallswinkel des Lichts, das von den Scheinwerfern entgegenkommender Fahrzeuge empfangen wird, in der Nähe des Brewster-Winkels, bei dem das von einer Glas-Luft-Grenzfläche reflektierte Licht vollständig polarisiert ist, und zwar in der Richtung, die auf der Einfallsebene senkrecht ist. Im Falle von Mehrfachreflexionen innerhalb der Scheibe kann dies dazu führen, dass Doppelbilder intensiver werden und/oder eine andere Polarisationsverteilung als das direkt durchgehende Licht haben. Beide Effekte können sich in der CCD-Kamera ungünstig auswirken. Daher kann es von Vorteil sein, wenn das flächige transparente Element polarisierend ist oder wenn sich an irgendeiner anderen Stelle im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera ein Polarisationsfilter befindet. Unter Umständen kann sogar ein Polarisationsfilter zwischen der Scheibe und der Kamera allein helfen, die Blendung des Nachsichtsystems zu vermindern.

Die Erfindung eignet sich besonders für Fälle, in denen die geneigte Scheibe des Kraftfahrzeugs dessen Windschutzscheibe ist, die Kamera eine CCD-Infrarotkamera ist und das Nachsichtsystem mindestens einen am Kraftfahrzeug angebrachten Infrarotscheinwerfer umfasst, wobei das flächige transparente Element natürlich für Infrarotlicht durchlässig sein muss.

Es folgt eine Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Zeichnung. Darin zeigt:

Fig. 1 eine vergrößerte Schnittansicht durch eine Windschutzscheibe mit einem von vorne auftreffenden Hauptstrahl und an Grenzflächen der Scheibe gebrochenen bzw. reflektierten Teilstrahlen desselben;

Fig. 2 eine Fig. 1 entsprechende Schnittansicht durch eine Windschutzscheibe, deren Innenseite mit einer Glasscheibe bedeckt ist, die auf ihrer zum Fahrzeuginnenraum weisenden Oberfläche eine Antireflexbeschichtung trägt;

Fig. 3 eine Fig. 1 entsprechende Schnittansicht durch eine Windschutzscheibe mit einer dahinter liegenden Glasscheibe, die unter einem kleinen Winkel zur Windschutzscheibe angeordnet ist, so dass sie einen nach oben offenen keilförmigen Freiraum ausbildet; und

Fig. 4 eine Fig. 1 entsprechende Schnittansicht durch eine Windschutzscheibe mit einer dahinter liegenden Glasscheibe, die unter einem kleinen Winkel zur Windschutzscheibe angeordnet ist, so dass sie einen nach unten offenen keilförmigen Freiraum ausbildet.

Fig. 1 zeigt eine um 60° zur Vertikalen nach hinten geneigte Windschutzscheibe 1, auf die ein Lichtstrahl 2 horizontal von vorne auftrifft. Der Lichtstrahl 2 wird an der Außenseite der Windschutzscheibe 1 zum Teil gebrochen und zu einem kleineren Teil von der Windschutzscheibe 1 weg reflektiert. Der gebrochene und durchgelassene Teilstrahl wird an der zum Fahrzeuginnenraum weisenden Innenseite der Windschutzscheibe 1 zum Teil gebrochen und zu einem kleineren Teil wieder in die Windschutzscheibe 1 hinein reflektiert. Der an der Innenseite der Windschutzscheibe 1 zum Fahrzeuginnenraum hin gebrochene Teilstrahl ist ein horizontaler Haupt-Teilstrahl

3, der in eine nicht gezeigte Kamera eintritt, die hinter der Windschutzscheibe 1 angeordnet ist. Der wieder in die Windschutzscheibe 1 hinein reflektierte Teilstrahl wird wiederholt gebrochen bzw. reflektiert und erzeugt unter anderem ein erstes, einem Teilstrahl 4 erster Ordnung entsprechendes Doppelbild und ein zweites, einem Teilstrahl 5 zweiter Ordnung entsprechendes Doppelbild. Weil die Teilstrahlen 4 und 5 auf dem CCD-Chip der Kamera an anderen Stellen als der Haupt-Teilstrahl 3 erscheinen, wird ein "Aufblühen" des Bildes des Lichtstrahls 2 in dem von der Kamera erzeugten Bild verursacht. Dieses "Aufblühen" ist in vertikaler Richtung stärker als in horizontaler Richtung.

An jeder Grenzfläche der Windschutzscheibe 1, an der Lichtstrahl 2 gebrochen bzw. reflektiert wird, verteilt sich seine Lichtstärke zu ungefähr 90% auf den durchgelassenen Teilstrahl und zu ungefähr 10% auf den reflektierten Teilstrahl, wenn der Lichtstrahl 2 unpolarisiert ist und die Windschutzscheibe 1 aus Glas besteht. Somit hat der erste Teilstrahl 4 noch eine relative Lichtstärke von 1/100 von jener des Haupt-Teilstrahls 3 entsprechend einer Dämpfung von 20dB, während der zweite Teilstrahl 5 noch eine relative Lichtstärke von 1/10000 entsprechend einer Dämpfung von 40dB hat. Aufgrund der logarithmischen Empfindlichkeitskennlinie des CCD-Chips der Kamera erscheinen die durch die Teilstrahlen 4 und 5 erzeugten Doppelbilder im davon erzeugten Bild aber wesentlich heller. Besonders im Bereich von großen Lichtstärken, wie sie auftreten, wenn die Kamera von Scheinwerferlicht getroffen wird, arbeitet der CCD-Chip fast im Sättigungsbereich, und Lichtstärkeunterschiede von einigen 10dB sind auf dem Display des Nachtsichtsystems kaum noch wahrnehmbar.

In Fig. 1 und in allen weiteren Figuren, in denen gleiche oder entsprechende Elemente wie in Fig. 1 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet sind, wird der Einfachheit angenommen, dass die erwähnte Lichtstärkeaufteilung von 90% zu 10% der gebrochenen bzw. reflektierten Teilstrahlen für alle auftretenden Brechungen und Reflexionen gilt, und es wird vernachlässigt, dass reflektierte Teilstrahlen bei den gezeigten Winkelverhältnissen mehr oder weniger polarisiert sein können. Weiterhin wird vernachlässigt, dass auch innerhalb der Windschutzscheibe 1 gewisse Reflexionen und/oder Streuungen auftreten können, nämlich an der darin eingelagerten PVB-Folie. Etwaige ungünstige Wirkungen der PVB-Folie können durch die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen zur Dämpfung der Doppelbilder aber ebenfalls gemildert werden.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist auf die Innenseite der Windschutzscheibe 1 eine dünne planparallele Glasscheibe 6 geklebt, beispielsweise mittels brechungsindexangepasstem, unter ultraviolettem Licht aushärtenden Epoxidharz. Die Glasscheibe 6 hat nur einen Bruchteil der Dicke der Windschutzscheibe 1, beispielsweise ein Zehntel davon, und bildet ein Fenster im Lichtweg der Kamera aus, das eine dem Sichtfeld der Kamera entsprechende Größe hat. Die zum Fahrzeuginnenraum weisende Oberfläche der Glasscheibe 6 ist mit einer Antireflexbeschichtung versehen. Je nach Güte der Antireflexbeschichtung wird dann der Reflexionskoeffizient von vorher 10% auf 1% oder deutlich weniger verringert. Eine leicht erreichbare Verringerung des Reflexionskoeffizienten auf 1% führt zu einer Verbesserung der Dämpfung des ersten Teilstrahls 4 von 20dB auf 30dB und des zweiten Teilstrahls 5 von 40dB auf 60dB. Somit betragen die Lichtstärken der ersten und zweiten Doppelbilder nur ein Zehntel bzw. ein Hundertstel

der Lichtstärken der entsprechenden Doppelbilder ohne die Glasscheibe 6 wie in Fig. 1.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 befindet sich auf der Innenseite der Windschutzscheibe 1 eine dünne planparallele Glasscheibe 7, die in einem Winkel von mehr als 0° , aber weniger als 90° zur Scheibe des Kraftfahrzeugs geneigt ist und deren untere und vordere Kante an der Windschutzscheibe 1 anliegt. Ein zwischen der Windschutzscheibe 1 und der Glasscheibe 7 ausgebildeter keilförmiger Freiraum 8 ist mit einem brechungsindexangepassten Material gefüllt, zum Beispiel einem Epoxidharz, das außerdem die Glasscheibe 7 an der Windschutzscheibe 1 festhält. Somit wird ein keilförmiges transparentes Element bzw. spitzwinkliges Prisma ausgebildet, das bewirkt, dass der Haupt-Teilstrahl 3 und der Teilstrahl 4 erster Ordnung nicht mehr parallel sind, wie in Fig. 1 und Fig. 2, sondern divergieren, wie man in Fig. 3 erkennt. Auch der Teilstrahl 5 zweiter Ordnung ist divergent (in Fig. 3 nicht eingezeichnet), und die Teilstrahlen 4 und 5 können die Kamera nicht mehr erreichen. Anders als im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 wird im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 keine Antireflexbeschichtung benötigt, um die Doppelbilder auszuschalten oder zumindest wesentlich abzuschwächen, wenngleich eine zusätzliche Antireflexbeschichtung unter Umständen hilfreich sein kann. Der in Fig. 3 eingezeichnete Keilwinkel von ca. 6° ist nur zur Veranschaulichung eingezeichnet. Welcher Keilwinkel im konkreten Anwendungsfall optimal ist, lässt sich berechnen oder durch Versuche ermitteln.

Das Ausführungsbeispiel von Fig. 4 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel von Fig. 3 nur darin, dass die Glasscheibe 7 mit ihrer oberen bzw. hinteren Kante an der Windschutzscheibe 1 anliegt, so dass der dazwischen

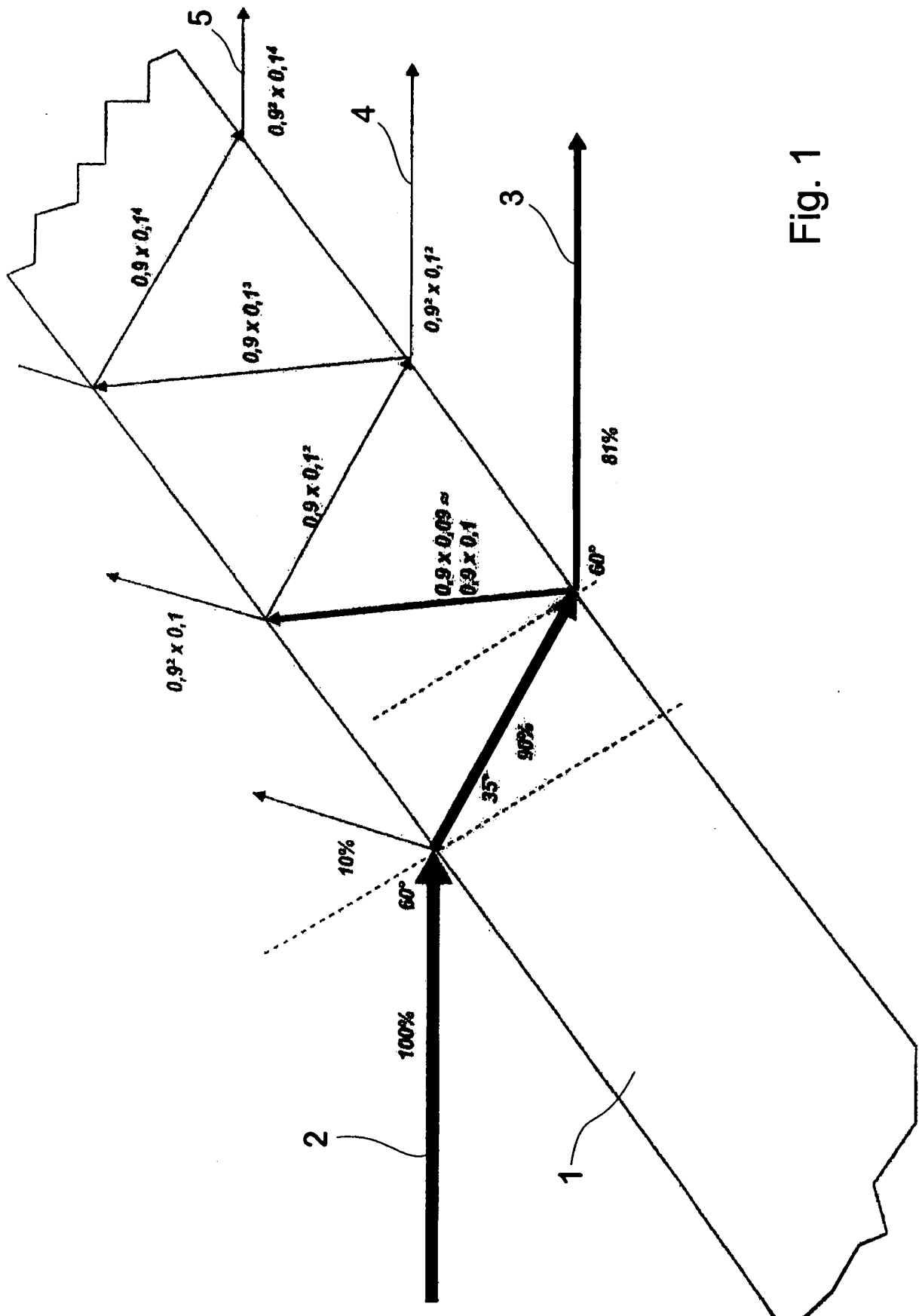
ausgebildete keilförmige Freiraum 8 nach oben bzw. hinten offen ist. Dieser Freiraum 8 ist ebenfalls mit einem brechungsindexangepasstem Material gefüllt, und die durch Reflexionen erzeugten Teilstrahlen 4 und 5 werden ebenfalls von Haupt-Teilstrahl 3 weggebrochen, wie man in Fig. 4 erkennt.

Patentansprüche

1. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, das eine hinter einer geneigten Scheibe des Kraftfahrzeugs angeordnete Kamera und ein flächiges transparentes Element aufweist, das im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das flächige transparente Element (6) im Wesentlichen ohne optische Grenzfläche dazwischen an der Scheibe (1) anliegt und dass die der Kamera zugewandte Oberfläche des flächigen transparenten Elements eine Antireflexbeschichtung aufweist.
2. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, das eine hinter einer geneigten Scheibe des Kraftfahrzeugs angeordnete Kamera und ein flächiges transparentes Element aufweist, das im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das flächige transparente Element (7) eine Zusatzscheibe ist, die in einem Winkel von mehr als 0° , aber weniger als 90° zur Scheibe (1) des Kraftfahrzeugs geneigt ist.
3. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Scheibe (1) und die Zusatzscheibe (7) einen keilförmigen Freiraum (8) zwischen sich ausbilden, der mit einem transparenten Material gefüllt ist, das außerdem die Zusatzscheibe an der Scheibe festhält.

4. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die der Kamera zugewandte Oberfläche des flächigen transparenten Elements (6; 7) eine Antireflexbeschichtung aufweist.
5. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das flächige transparente Element (6; 7) eine Glas- oder Kunststoffplatte oder -folie mit konstanter Dicke ist.
6. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das flächige transparente Element (6; 7) und ggf. das transparente Füllmaterial einen Brechungsindex haben, der im Wesentlichen gleich dem Brechungsindex der Scheibe (1) des Kraftfahrzeugs ist.
7. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das flächige transparente Element (6; 7) polarisierend ist oder dass sich an irgendeiner anderen Stelle im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera ein Polarisationsfilter befindet.
8. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, das eine hinter einer geneigten Scheibe des Kraftfahrzeugs angeordnete Kamera und ein flächiges transparentes Element aufweist, das im Lichtweg der Kamera zwischen der Scheibe und der Kamera angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das transparente Element ein Polarisationsfilter ist.
9. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die geneigte Scheibe (1) des Kraftfahrzeugs dessen Windschutzscheibe ist.

10. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera eine CCD-Kamera ist.
11. Nachtsichtsystem für Kraftfahrzeuge, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera eine Infrarotkamera ist, das Nachtsichtsystem mindestens einen am Kraftfahrzeug angebrachten Infrarotscheinwerfer umfasst und das flächige transparente Element (6; 7) für Infrarotlicht durchlässig ist.



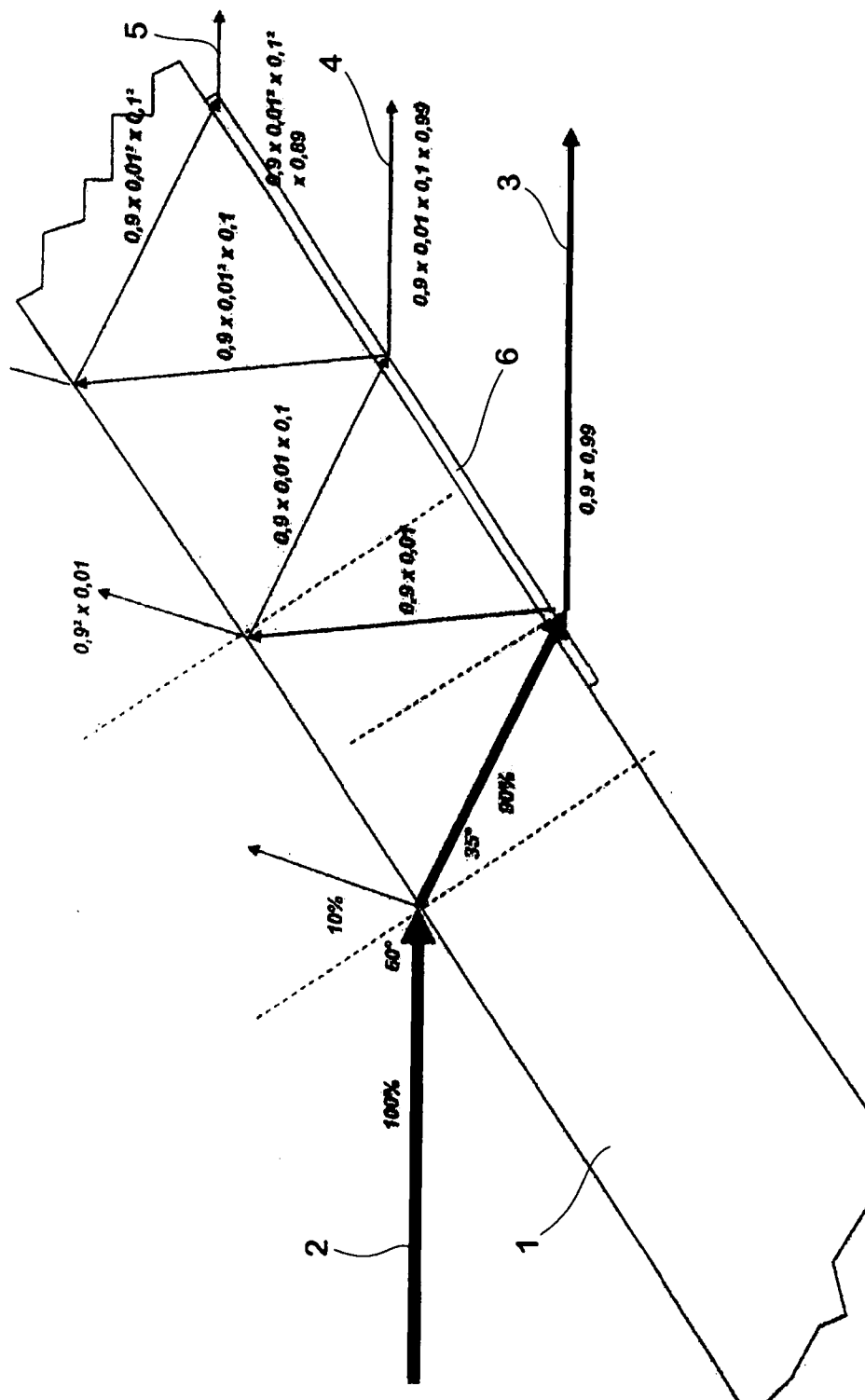


Fig. 2

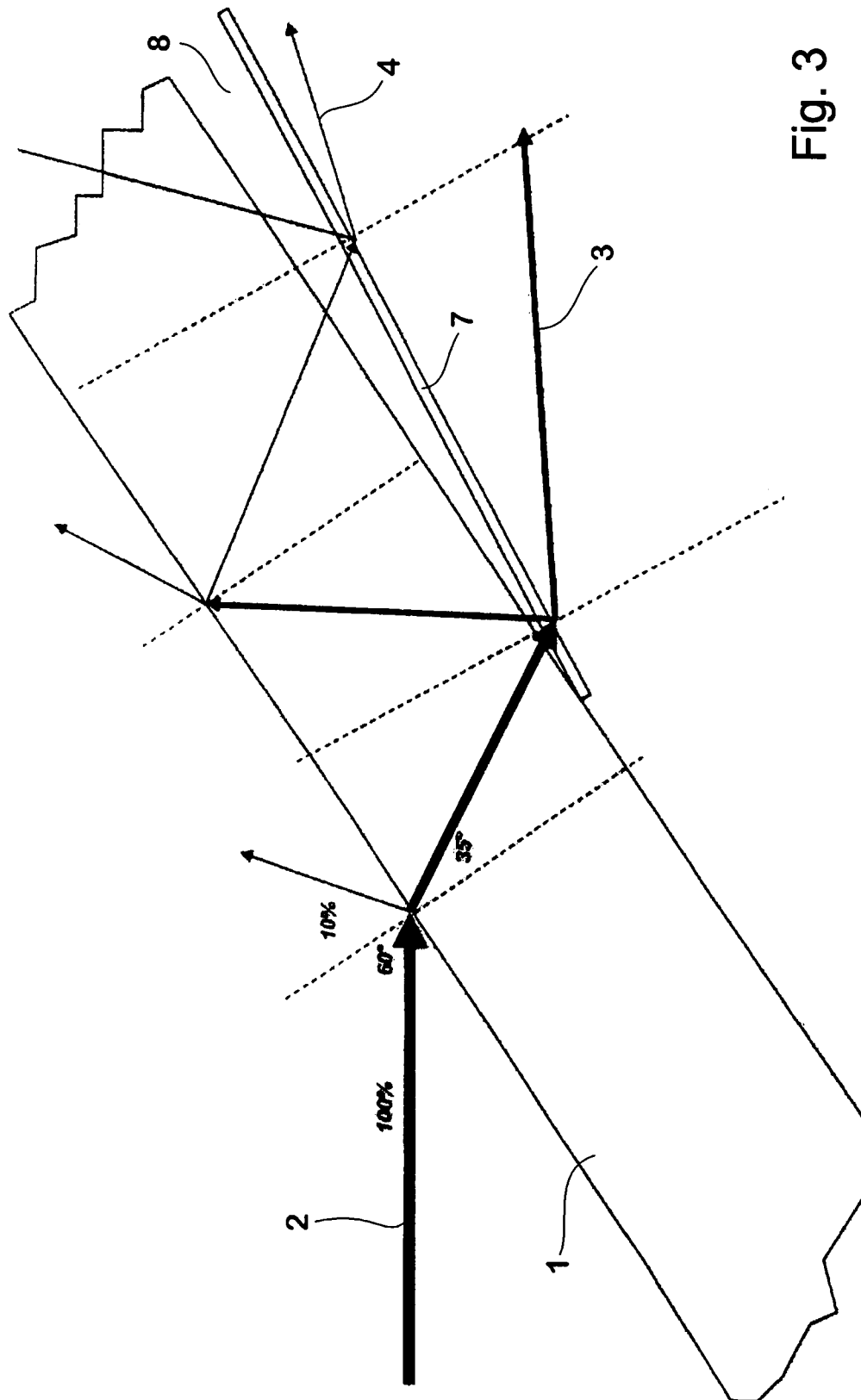


Fig. 3

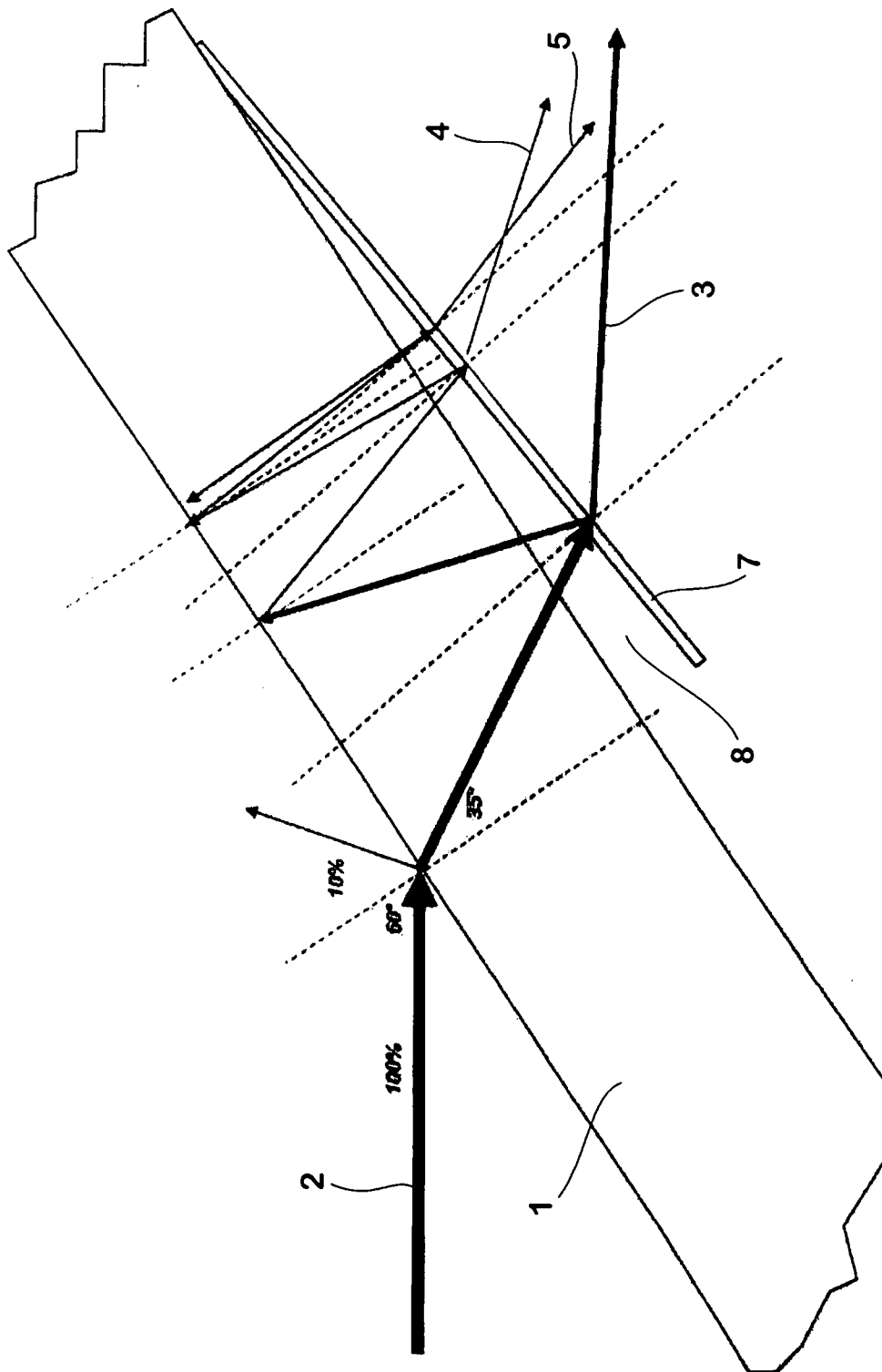


Fig. 4