

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 102 027 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

23.05.2001 Patentblatt 2001/21

(51) Int Cl.7: **F41H 3/00**

(21) Anmeldenummer: **00118642.8**

(22) Anmeldetag: **29.08.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **19.11.1999 DE 19955608**

(71) Anmelder: **DORNIER GmbH
88039 Friedrichshafen (DE)**

(72) Erfinder:

- **Leupolz, Andreas
88263 Horgenzell (DE)**
- **Scherber, Werner, Dr.
88697 Bermatingen (DE)**
- **Rothmund, Walter
93142 Maxhütte-Haidhof (DE)**

(74) Vertreter: **Meel, Thomas**

**Dornier GmbH
L H G
88039 Friedrichshafen (DE)**

(54) **Infrarot-Tarnvorrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Infrarot-Tarnvorrichtung. Sie weist eine dem Beobachter zugewandte Oberflächenstruktur auf, die ausschließlich aus zwei Gruppen von Teilflächen besteht, wobei die Teilflächen der

ersten Gruppe nach unten ausgerichtet sind und mit der Vertikalen einen Winkel α zwischen 5° und 45° bilden und die Teilflächen der zweiten Gruppe nach oben ausgerichtet sind, und mit der Vertikalen einen Winkel β zwischen 50° und 85° bilden, wobei $\alpha + \beta < 90^\circ$ ist.

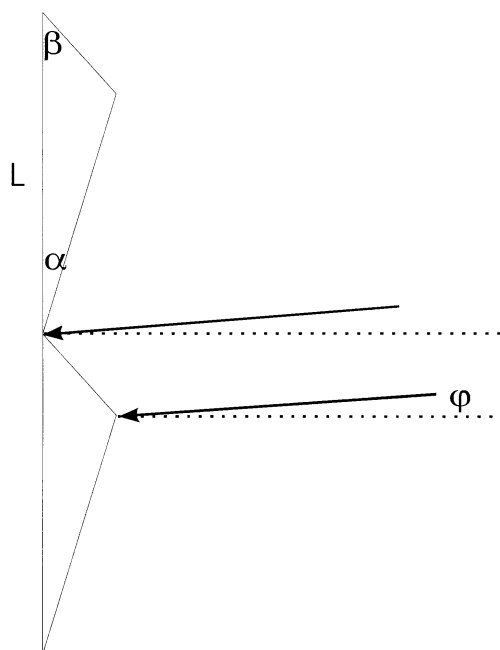


Fig. 1

EP 1 102 027 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Tarnvorrichtung zur Infrarot(IR)-Tarnung für Landziele. Sie eignet sich insbesondere zur Tarnung militärischer Objekte, vor allem Landfahrzeuge, gegen Wärmebildgeräte und Infrarotsuchköpfe.

[0002] Bei der thermischen Tarnung wird eine Anpassung der vom zu tarnenden Objekt emittierten Wärmestrahlung auf das Niveau des jeweiligen thermischen Hintergrundes angestrebt. Dabei wird zum Beispiel versucht, die Temperatur der beobachtbaren Oberflächen durch konstruktive Maßnahmen (Wärmedämmung, Isolation, Hinterlüftung) zu beeinflussen. Verbesserungen sind hierdurch im Bereich der aktiven Signatur, d.h. für interne Wärmequellen (Motor, Getriebe, Energieaggregate) möglich. Keine befriedigende Lösung wird durch diese Maßnahmen in Bezug auf die solare Erwärmung (passive Signatur) erzielt, da das Erwärmungsverhalten militärischer Objekte in der Regel stark von dem eines natürlichen Hintergrundes abweicht. Lösungsvorschläge, diese Abweichungen durch aktive Nachheizung bzw. Kühlung zu kompensieren, wie z.B. in **DE 32 17 977 A1** beschrieben, sind vor allem wegen des hohen Energieverbrauchs wenig praktikabel.

[0003] Andere bekannte Lösungsansätze verfolgen das Ziel, die Signaturminderung nicht durch die Beeinflussung der tatsächlichen Oberflächentemperatur zu erzielen, sondern durch die Veränderung des Emissionsverhaltens der Oberfläche. Es ist bekannt, daß die Wärmeabstrahlung eines Körpers nicht nur von seiner Temperatur, sondern auch vom Emissionsgrad ϵ seiner Oberfläche bestimmt wird. Der Einsatz niedrig emittierender Oberflächenschichten zur Infrarottarnung ist bekannt und z.B. in der **DE 30 43 381 A1** und der **EP 0 123 660 A1** beschrieben. Ein Problem bei dieser Art der Tarnung mit niedrig emittierenden Tarnmitteln besteht darin, daß der IR-Reflexionsgrad ρ bei Reduzierung des Wärmeemissionsgrads ϵ prinzipiell nach der Formel $\rho = 1 - \epsilon$ ansteigt, und somit eine erhöhte Reflexion von Umgebungsstrahlung auftritt. Diese überlagert die Eigenemission, so daß die Wärmeabstrahlung und somit die beobachtbare Strahlungstemperatur bei der Reduktion des Emissionsgrads zunehmend auch von den Temperaturen der eingespiegelten Umgebungsflächen (Bodentemperatur, Himmelstemperatur) abhängt. Als kritisch haben sich besonders Reflexionen aus zenithnahen Himmelsbereichen erwiesen, da sich deren Strahlungstemperaturen je nach Bewölkungszustand extrem unterscheiden und die Signatur stark beeinflussen können. Ein bekannter Effekt bei niedrig emittierenden Tarnmitteln ist die Beobachtung von "Cold Spots", d.h. Flächenbereiche mit einer gegenüber dem Hintergrund zu niedrigen Strahlungstemperatur aufgrund der Reflexion kalter Himmelsanteile.

[0004] Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wird in der **EP 0 250 742 A1** eine Vorrichtung beschrieben,

mit der das Emissionsvermögen gesteuert werden kann. Damit kann die Wärmeabstrahlung eines Objektes durch Steuerung der Wärmereflexions- und Emissionsanteile mit sehr geringem Energieaufwand in weiten Grenzen nach Wunsch eingestellt werden. Dadurch ist eine Kontrastminderung der thermischen Abstrahlung gegenüber dem Hintergrund in hohem Maße möglich.

[0005] Nachteilig ist jedoch der hohe Aufwand zur Realisierung entsprechender Systeme und die Notwendigkeit für zusätzliche Meß- und Regeleinrichtungen.

[0006] Beim Einsatz von niedrig emittierenden Infrarot-Tarnmitteln müssen die geometrischen Besonderheiten des zu tarnenden Objekts berücksichtigt werden. Hierbei sind im wesentlichen zu unterscheiden:

- zum Boden geneigte Flächenbereiche
- horizontale oder zum Himmel geneigte Flächenbereiche
- senkrechte bzw. gering (bis ca. 25° zur Vertikalen) zum Himmel geneigte Flächenbereiche.

[0007] Grundsätzlich erfordern diese Flächenbereiche unterschiedliche Ausführungsformen der Tarnmittel. Für den Fall mit überwiegend zum Boden geneigten Flächen können die bekannten niedrig emittierenden Tarnmittel mit fest eingestelltem und möglichst geringem Emissionsgrad verwendet werden, da unabhängig vom Beobachtungsstandpunkt die vor dem Objekt befindlichen Bodentemperaturen reflektiert werden. Die Strahlungstemperatur des Bodens ist im Allgemeinen mit dem restlichen thermischen Hintergrund identisch. Durch Übertragung dieser Temperatur auf das zu tarnende Objekt kann deshalb eine hohe Kontrastminderung mit entsprechendem Tarngewinn erzielt werden. Eingesetzt werden können in diesem Fall die bekannten LE-(=Low Emission) Tarnmittel, wie zum Beispiel niedrig emittierende Lacke (LEP=Low Emission Paint) oder niedrig emittierende Kunststoffolien (LEF=Low Emission Foil).

[0008] Für Flächen mit überwiegend horizontaler Ausrichtung sind die bekannten niedrig emittierenden Tarnmittel nicht ohne weiteres einsetzbar. Das Problem besteht darin, daß diese Flächen, wenn sie beobachtbar sind, immer überwiegend zenithnahe Himmelstemperaturen reflektieren. Da diese Himmelstemperaturen sehr niedrig sind, dabei jedoch je nach Bewölkungszustand stark variieren können, resultiert eine extreme Abhängigkeit der reflektierten Wärmeabstrahlung vom Bewölkungszustand. In vielen Fällen werden deshalb horizontale Flächen, die mit niedrig emittierenden Tarnmitteln versehen sind, "Cold Spots" aufweisen, wenn durch Reflexion des kalten Himmels die Eigenemission überkompensiert wird. Niedrig emittierendes Verhalten ist nur in dem Maße erwünscht, wie infolge einer zunehmenden solaren Erwärmung der Oberfläche eine Reduzierung der thermischen Abstrahlung notwendig wird.

Ähnliche Probleme bestehen bei Flächen, die nach oben ausgerichtet sind (Winkel zur Horizontalen kleiner ca. 65°). Auch sie können die Himmelsstrahlung reflektieren.

[0009] Die Situation bei der Tarnung von im wesentlich senkrechten Flächen (dies schließt gering zum Himmel geneigte Flächen - bis ca. 25° zur Vertikalen - mit ein) ist eine Mischung der bereits beschriebenen Verhältnissen bei horizontalen bzw. nach oben ausgerichteten Flächen einerseits und bei zum Boden geneigten Flächen andererseits. Je nach Beobachtungswinkel stammt die am Tarnmittel reflektierte Wärmestrahlung überwiegend von bodennahen Bereichen oder aus der Himmelsstrahlung. Problematisch ist dabei, dass bereits geringe Änderungen des Beobachtungswinkels (oder äquivalent: geringe Änderung der Flächenneigung, z.B. bei bewegten getarnten Objekten) eine starke Änderung im Verhältnis dieser Anteile bewirken.

[0010] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Tarnvorrichtung für im wesentlichen senkrecht ausgerichtete Objektoberflächen zu schaffen, mit dem ohne aufwendige Mess- und Regeleinrichtungen eine effektive Tarnung erreicht werden kann. Dabei sollten die auf die Himmelsstrahlung bzw. auf die Bodenstrahlung entfallenden Anteile der reflektierten Strahlung über einen möglichst großen Neigungswinkelbereich konstant bleiben.

[0011] Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen sowie ein Tarnverfahren unter Einsatz des erfindungsgemäßen Tarnmittels sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

[0012] Der grundlegende Gedanke der Erfindung besteht darin, eine Zerlegung der Oberfläche in zum Boden geneigte und zum Himmel geneigte Teilflächen vorzusehen, wobei ein möglichst großer Anteil der an der Tarnvorrichtung reflektierten Strahlung vom Boden und ein möglichst geringer Anteil von der Himmelsstrahlung stammt oder nur wärmere horizontnahe Himmelsbereiche reflektiert werden. Dies kann erfindungsgemäß durch eine Oberflächenstruktur erreicht werden, die ausschließlich aus zwei Gruppen von Teilflächen besteht, wobei die Teilflächen der ersten Gruppe nach unten ausgerichtet sind und mit der Vertikalen einen Winkel α zwischen 5° und 45° bilden und die Teilflächen der zweiten Gruppe nach oben ausgerichtet sind, und mit der Vertikalen einen Winkel β zwischen 50° und 85° bilden, wobei $\alpha + \beta < 90^\circ$ ist. Dabei können die Teilflächen innerhalb derselben Gruppe unterschiedliche Winkel α bzw. β aufweisen.

[0013] Die Gesamtfläche aller nach oben ausgerichteten Teilflächen ist vorteilhaft geringer als die Gesamtfläche aller nach unten ausgerichteter Teilflächen.

[0014] Die Strukturgrößen der Oberflächenstruktur liegen insbesondere zwischen $12\text{ }\mu\text{m}$ und 1 cm , bevorzugt zwischen $100\text{ }\mu\text{m}$ und 1 mm .

[0015] Die Strukturgrößen werden in einer besonders vorteilhaften Ausführung so gewählt, dass sie größer

sind als die Wellenlänge von Infrarot-Strahlung und kleiner als die Wellenlänge von Radarstrahlung. Ein hierfür geeigneter Größenbereich ist der zwischen $20\text{ }\mu\text{m}$ und 1 mm . Dadurch ist sichergestellt, dass durch die erfindungsgemäße Struktur der Radarrückstrahlquerschnitt durch Mehrfachreflexe nicht negativ beeinflusst wird.

[0016] Zur Erhaltung der visuellen Tarnwirkung kann als äußerer Abschluss der Tarnvorrichtung in Richtung des Beobachters eine IR-transparente Deckschicht (z. B. eine pigmentierte und mattierte Polyethylenfolie) vorgesehen werden.

Darüber hinaus lassen sich zusätzliche Tarneffekte nach dem Prinzip des Flecken-tarnanstrichs erreichen, in dem auch im Infraroten eine Konturzerreißung eingeführt wird. Dies kann sehr effektiv durch unterschiedliche Dicken der oberliegenden farbgebenden Deckschicht erzeugt werden, so dass bei allen Temperaturzuständen des Systems der Infrarotsignatur eine fleckenartige Musterung überlagert wird.

[0017] Vorteilhaft werden die nach unten ausgerichteten Teilflächen, die die Bodenanteile reflektieren, von einem Material mit möglichst geringem Infrarot-Emissionsgrad, d.h. maximaler Infrarot-Reflektivität gebildet. Typische Werte hierfür sind $\varepsilon \leq 0,5$.

[0018] Die nach oben ausgerichteten Teilflächen, die die Himmelsstrahlung reflektieren, können von einem Material mit hohem Infrarot-Emissionsgrad (insbesondere $\varepsilon \geq 0,8$, z.B. $\varepsilon \approx 0,9$) gebildet werden, so dass die Reflexion von Himmelsstrahlung unterdrückt werden kann.

[0019] Die erfindungsgemäße Tarnvorrichtung benötigt keinerlei zusätzliche Steuerungselektronik wie z.B. Sensoren, Aktoren, Ansteuerungselektronik und Verkabelung. Auch die genaue, orts aufgelöste Bestimmung der Oberflächentemperatur, die bei einer eingangs erwähnten Tarnvorrichtung gemäß dem Stand der Technik zur Einstellung des Emissionsgrades für jedes aktiv steuerbare IR-Tarnelement erforderlich ist, entfällt.

[0020] Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind:

- Es wird eine hohe IR-Tarnwirksamkeit für unterschiedlichste Objekte erreicht;
- Die erfindungsgemäße Tarnvorrichtung ist in Form kostengünstiger, robuster Elemente realisierbar;
- Eine zusätzliche visuelle Tarnung in beliebiger Farbgebung ist möglich.

[0021] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine konkrete Ausführung der erfindungsgemäßen Tarnvorrichtung;

Fig. 2 die auf die Himmelsstrahlung bzw. auf die Bodenstrahlung entfallenden Anteile der an der Tarnvorrichtung nach Fig. 1 reflektierten Strahlung in Abhängigkeit von der Beobachtungsrichtung;

Fig. 3 die scheinbare Objekttemperatur in Abhängigkeit von der Beobachtungsrichtung bei Einsatz einer erfindungsgemäßen Tarnvorrichtung (Kurve b) im Vergleich zu einer bekannten Tarnvorrichtung (Kurve a).

[0022] Fig. 1 zeigt eine Ausführung der erfindungsgemäßen Oberflächenstruktur. Sie besteht aus einer regelmäßigen Folge von Erhebungen mit dreieckigem Querschnitt, deren Hypothenusen (Länge L) im wesentlichen vertikal ausgerichtet ist. Es handelt sich um eine Rillenstruktur mit horizontal ausgerichteten asymmetrischen Rillen. Die Geometrie der Struktur ist durch die Winkel α und β und durch die Strukturgröße L eindeutig festgelegt. Der Winkel φ ist der Blickwinkel eines Beobachters zur Horizontalen. Geeignete Wertebereiche für die Winkel α, β sind:

α : [5, 45]; bevorzugt [15, 25]

β : [50, 85]; bevorzugt [55, 70].

[0023] Unter Berücksichtigung der Reflexionsverhältnisse der beiden beobachtbaren Teilflächen bei verschiedenen Winkeln φ können die Anteile ermittelt werden, die sich bei unterschiedlichen Winkeln α und β der Struktur ergeben. Fig. 2 zeigt die prozentualen Anteile der vom Boden bzw. Himmel bei verschiedenen Beobachtungswinkeln φ reflektierten Strahlung dieser Struktur für eine besonders günstige Geometrie mit $\alpha=15^\circ$ und $\beta=65^\circ$. Wie man sieht, sind über einen großen Winkelbereich die reflektierten Anteile, die vom Himmel bzw. vom Boden stammen, annähernd konstant, wobei der Bodenanteil wunschgemäß sehr hoch ist.

[0024] Für maximale Wirksamkeit ist die größere, nach unten gerichtete Teilfläche, die die Bodenanteile reflektiert, mit einer Schicht mit möglichst geringem Emissionsgrad, d.h. maximaler IR-Reflektivität, auszustatten. Die nach oben ausgerichteten Teilflächen, die die Himmelsstrahlung reflektieren, können von einem Material mit hohem Infrarot-Emissionsgrad gebildet werden, so dass jegliche Reflexion aus dem Himmel unterdrückt werden kann.

[0025] Fig. 3 zeigt die Strahlungstemperaturen von zwei Flächen mit gleichem Emissionsgrad, die bei verschiedenen Beobachtungswinkeln φ gemessen wurden, wobei die mit a gekennzeichnete Kurve die Messwerte einer unstrukturierten Fläche und die mit b gekennzeichnete Kurve die Messwerte einer erfindungsgemäßen Struktur wiedergibt. Man erkennt, daß die Strahlungstemperaturen der unstrukturierten Probe ab einem bestimmten Winkel durch Reflexion einer kalten Himmelsfläche stark absinkt, während die strukturierte Probe in der gleichen Strahlungsumgebung wunschgemäß praktisch keine derartige Winkelabhängigkeit zeigt.

[0026] Die Herstellung der erfindungsgemäßen (Mikro-)Strukturierung kann je nach Strukturgröße durch

verschiedene gängige Verfahren wie Prägen, Fräsen, Gravieren oder photolithographische Verfahren erfolgen. Ein entsprechend strukturiertes Werkzeug kann dann z.B. zur Übertragung der Struktur auf eine - bevorzugt selbstklebende - Kunststoffolie, z.B. durch Heißprägen in einem Kalandrier, verwendet werden. Eine hohe IR-Reflexion wird durch Metallisieren und einer anschließenden IR-transparenten farbgebenden Deckschicht erzeugt. Eine andere Möglichkeit besteht in einer Lackierung der Struktur mit niedrig emittierendem Tarnlack.

[0027] Bei sehr kleinen Strukturgrößen (L ca. 100 μm) ist es auch möglich, eingefärbte Kunststoffolien aus IR-transparenten Materialien (z.B. Polyolefine wie PE, PP) durch Heißprägen mit der Struktur zu versehen und den IR-Reflektor durch rückseitige Metallisierung aufzubringen. Die Strukturierung bewirkt in diesem Fall zusätzlich die notwendige Mattierung zur Reduzierung des visuellen Glanzes der Kunststoffolie.

[0028] Ein Gesamtsystem zur Tarnung eines Objekts unter Einsatz der erfindungsgemäßen Tarnvorrichtung weist somit folgenden Aufbau auf:

- Die nach unten gerichteten Flächenbereiche des zu tarnenden Objekts werden mit einem Material versehen, das einen niedrigen Infrarot-Emissionsgrad aufweist. Typische Werte hierfür sind $\varepsilon \leq 0,5$.
- Die nach oben ausgerichteten Flächenbereiche des zu tarnenden Objekts werden mit einem Material versehen, das einen hohen Infrarot-Emissionsgrad aufweist (insbesondere $\varepsilon \geq 0,8$).
- Auf senkrechten Flächenbereichen des zu tarnenden Objekts bewirkt eine (Mikro-)Strukturierung die Aufteilung der Fläche in nach oben gerichtete Teilflächen und in nach unten gerichtete Teilflächen.

Patentansprüche

1. Infrarot-Tarnvorrichtung **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine dem Beobachter zugewandte Oberflächenstruktur aufweist, die ausschließlich aus zwei Gruppen von Teilflächen besteht, wobei die Teilflächen der ersten Gruppe nach unten ausgerichtet sind und mit der Vertikalen einen Winkel α zwischen 5° und 45° bilden und die Teilflächen der zweiten Gruppe nach oben ausgerichtet sind, und mit der Vertikalen einen Winkel β zwischen 50° und 85° bilden, wobei $\alpha + \beta < 90^\circ$ ist.
2. Infrarot-Tarnvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strukturgrößen der Oberflächenstruktur zwischen 12 μm und 1 cm, bevorzugt zwischen 100 μm und 1 mm liegen.
3. Infrarot-Tarnvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtfläche der nach oben ausgerichteten Teilflächen geringer ist als die Gesamtfläche der nach unten ausgerichteten Teilflächen.

5

4. Infrarot-Tarnvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberflächenstruktur eine Rillenstruktur mit horizontal ausgerichteten, asymmetrischen Rillen aufweist. 10
5. Infrarot-Tarnvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die nach oben ausgerichteten Teilflächen von einem Material mit hohem Infrarot-Emissionsgrad gebildet werden. 15
6. Infrarot-Tarnvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die nach unten ausgerichteten Teilflächen von einem Material mit niedrigem Infrarot-Emissionsgrad gebildet werden. 20
7. Infrarot-Tarnvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als äußerer Abschluss der Infrarot-Tarnvorrichtung eine Infrarot-transparente, pigmentierte und mattierte Deckschicht aus Kunststoff, z.B. Polyethylen aufgebracht ist. 25
8. Infrarot-Tarnvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Deckschicht fleckenartige Bereiche unterschiedlicher Dicken aufweist. 30
9. Verfahren zur Infrarot-Tarnung eines Objekts, **dadurch gekennzeichnet**, dass die im wesentlichen senkrecht ausgerichteten Flächen des zu tarnenden Objekts mittels der Tarnvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche versehen werden. 35
10. Verfahren zur Infrarot-Tarnung eines Objekts nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass 40
 - die nach unten ausgerichteten Flächen des zu tarnenden Objekts mit einer Beschichtung aus einem Material mit niedrigem Infrarot-Emissionsgrad versehen werden; 45
 - die nach oben ausgerichteten Flächen des zu tarnenden Objekts mit einer Tarnvorrichtung aus einem Material mit hohem Infrarot-Emissionsgrad versehen sind. 50

55

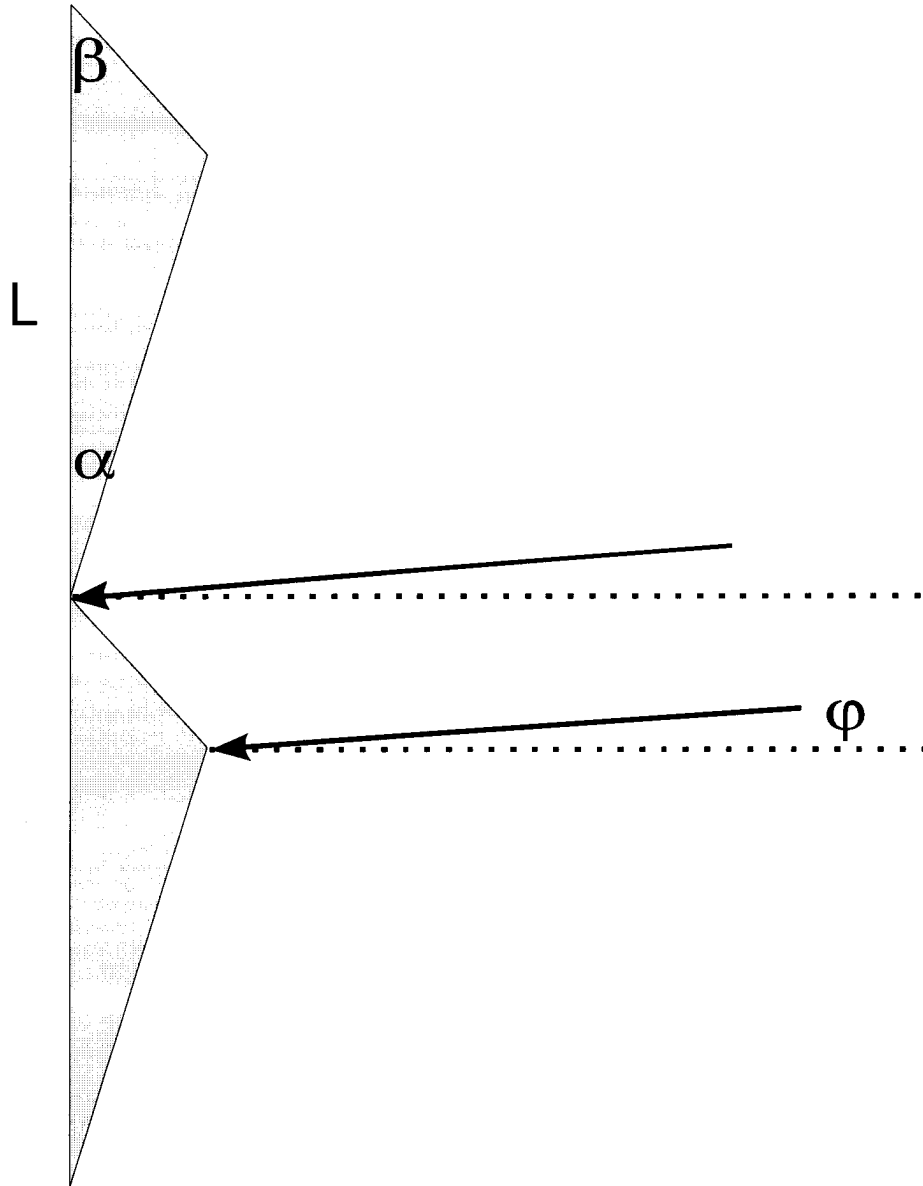


Fig. 1

Fig. 2

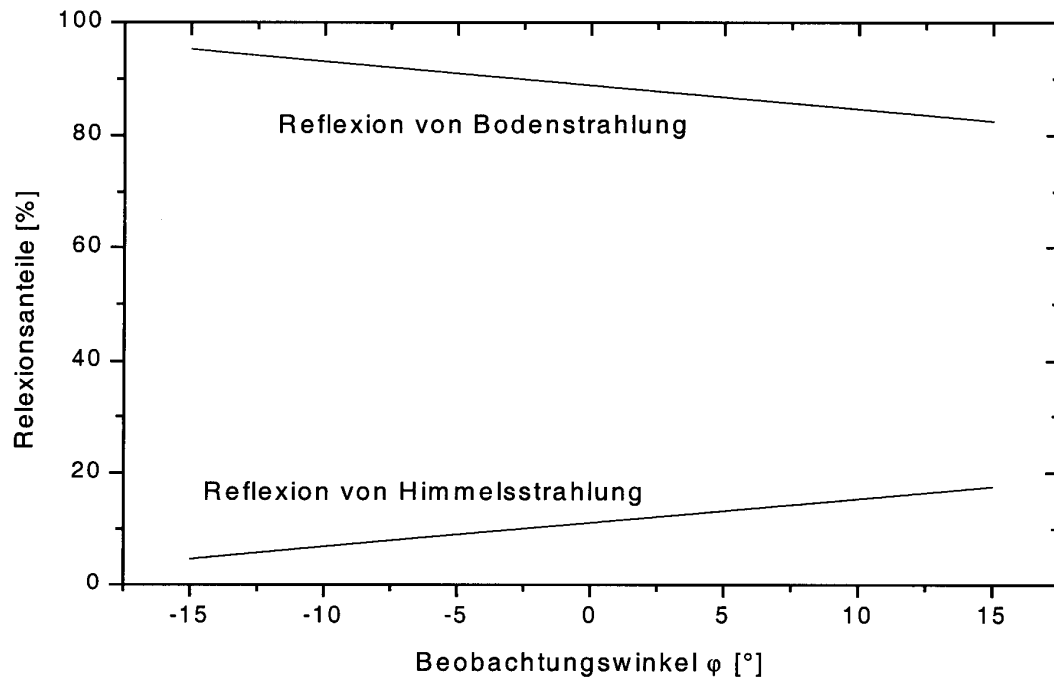


Fig. 3

