



(11)

EP 3 019 813 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
01.12.2021 Patentblatt 2021/48

(51) Int Cl.:
F41H 3/00 (2006.01) **F41H 5/00** (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
27.06.2018 Patentblatt 2018/26

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2014/100237

(21) Anmeldenummer: **14747809.3**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/003690 (15.01.2015 Gazette 2015/02)

(22) Anmeldetag: **08.07.2014**

(54) **LASERPANZERUNG**

ARMOR AGAINST LASER RADIATION

BLINDAGE DE PROTECTION CONTRE LE LASER

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

(30) Priorität: **11.07.2013 DE 102013107365**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.05.2016 Patentblatt 2016/20

(73) Patentinhaber: **Krauss-Maffei Wegmann GmbH &
Co. KG**
80997 München (DE)

(72) Erfinder:
• **WEBER, Jürgen**
50968 Köln (DE)
• **KEIL, Norbert**
80997 München (DE)

(74) Vertreter: **Feder Walter Ebert**
Partnerschaft von Patentanwälten mbB
Achenbachstrasse 59
40237 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102009 040 661 FR-A1- 2 719 660
US-A- 5 080 165 US-A- 6 016 232
US-A1- 2006 147 710

EP 3 019 813 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laserpanzerung zum Schutz eines Objekts, insbesondere eines Fahrzeugs, vor Laserwaffen mit einem Panzerungselement. Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet ein Verfahren zum Schutz eines Objekts vor Laserwaffen mit einer ein Panzerungselement aufweisenden Laserpanzerung. Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet schließlich ein Fahrzeug, insbesondere ein militärisches Fahrzeug, mit einer Laserpanzerung.

[0002] In zunehmendem Maße werden beispielsweise im Bereich der Flugabwehr und auch der Bekämpfung von mobilen und immobilen Zielen an Land verschiedene Arten von Laserwaffen eingesetzt, bei denen ein hoch-energetischer Laserstrahl gebündelt auf ein zu bekämpfendes Ziel gerichtet wird. Durch die über den Laserstrahl eingebrachte Energie wird das Ziel im Bereich des Einstrahlpunktes der Laserstrahlung lokal stark erwärmt, wodurch es bereits nach kurzen Einstrahlzeiten zu einer Zerstörung oder zumindest Beeinträchtigung des Objekts bis hin zu dessen vollständiger Zerstörung kommen kann. Als problematisch in diesem Zusammenhang hat sich beispielsweise bei militärischen Landfahrzeugen erwiesen, dass die an diesen vorgesehenen Panzerungselemente zwar beispielsweise gegen ballistische Geschosse oder Sprengsätze eine gute Schutzwirkung zu entfalten vermögen, im Falle eines Laserangriffs jedoch weitgehend wirkungslos sind. Dies liegt vor allem daran, dass über den Laserstrahl große Energiemengen in das beispielsweise aus einem Panzerstahl bestehende Panzerungselement eingebracht werden, was aufgrund der damit verbundenen Wärmeentwicklung bereits nach kurzer Einstrahldauer zu einer Zerstörung des Panzerungselements führen kann. In diesem Zusammenhang schlägt DE 10 2009 040 661 A1 als Gegenmaßnahme gegen Laserbestrahlung ein Laserschutzmodul vor, das aus einem mit einem zu schützenden Objekt verbindbaren Hohlkörper besteht, dessen Hohlraum mit einem bei Bestrahlung mit Laserlicht dampf- oder rauchbildenden Material gefüllt ist. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Laserpanzerung anzugeben, bei welcher die Schutzwirkung gegenüber Laserbeschuss im Vergleich zu herkömmlichen Panzerungen deutlich verbessert wird. Gelöst wird diese Aufgabe bei einer Laserpanzerung der eingangs genannten Art dadurch, dass diese ein Kühlsystem zum Ableiten von durch die Laserwaffen in das Panzerungselement eingebrachter Wärme und eine die Laserstrahlung erkennende Sensorik mit lichtempfindlichen Sensoren zur Aktivierung des Kühlsystems aufweist. Über das Kühlsystem kann die durch den auftretenden Laserstrahl in das Panzerungselement eingebrachte Wärme vom Einstrahlpunkt der Laserstrahlung abgeleitet werden. Hierdurch kann ein oberhalb der Zerstörungsschwelle des Materials des Panzerungselements liegender Wärmeeintrag im Bereich des Einstrahlpunkts vermieden werden. Die Gefahr eines Materialversagens infolge der durch die Laserstrahlung eingebrachten Wär-

me wird deutlich verringert.

[0003] Eine im Hinblick auf deren Kühlleistung vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Kühlsystem ein Kühlfluid aufweist. Über das Kühlfluid können auch größere Wärmemengen auf einfache Weise abtransportiert werden.

[0004] Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn das Kühlfluid in einem Kühlkreislauf zirkuliert, der durch das Panzerungselement geführt ist. Bei dem Kühlkreislauf kann es sich um einen geschlossenen Kreislauf handeln, dem im Bereich des Panzerungselements über die Laserstrahlung eingebrachte Wärme zugeführt wird, die dann über das Kühlfluid abtransportiert und an einer Abgabestelle abgegeben wird. Zum Abführen großer Wärmemengen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn es sich bei dem Kühlkreislauf um einen Kältemittelkreis mit einem Kompressor, einer Drossel, einem Kondensator und einem Verdampfer handelt. Denn durch das in einem solchen Kältemittelkreis einer ständigen Phasenumwandlung unterliegende, als Kühlfluid dienende Kältemittel können vergleichsweise große Wärmemengen abgeführt werden.

[0005] Eine konstruktiv vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Kühlfluid aus einem Reservoir kommend durch das Panzerungselement geführt ist. In dem Reservoir kann eine bestimmte Menge Kühlfluid bevorratet werden. Im Falle eines Laserbeschusses kann das Kühlfluid aus dem Reservoir entnommen und zur Kühlung des Panzerungselements verwendet werden. Beim Durchlaufen des Panzerungselements kann das Kühlfluid Wärme aufnehmen und anschließend erwärmt aus dem Panzerungselement ausströmen, beispielsweise in Richtung der Fahrzeugumgebung.

[0006] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass das über die Laserstrahlung erwärmte Kühlfluid aus einem im unteren Bereich des Panzerungselements vorgesehenen Auslass geführt ist und dass Kühlfluid geringerer Temperatur über einen im oberen Bereich des Panzerungselements vorgesehenen Einlass geführt ist. Über den Einlass kann zunächst kühleres Kühlfluid in das Panzerungselement hineingeführt werden. Unter Aufnahme von über die Laserstrahlung eingebrachter Wärme kann das Kühlfluid durch das Panzerungselement strömen und das Panzerungselement anschließend über den Auslass erwärmt verlassen.

[0007] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Kühlfluid über eine Sprühhvorrichtung auf das Panzerungselement aufgebracht wird. Über die Sprühhvorrichtung kann das Kühlfluid nach Art eines Sprays feinstropfig und gezielt auf das Panzerungselement aufgebracht werden.

[0008] In diesem Zusammenhang sieht eine Ausgestaltung vor, dass die Sprühhvorrichtung an der Bedrohungsseite des Panzerungselements, im Inneren des Panzerungselements oder an der Objektseite des Panzerungselements angeordnet ist.

[0009] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Panzerungselement eine Kammer

aufweist, in welcher das Kühlfluid umgewälzt wird. Das Kühlfluid kann über einen Einlass in die Kammer eintreten und diese über einen Auslass verlassen. Im Bereich des Einlasses kann eine Sprühvorrichtung angeordnet sein. Es kann ein geschlossener Kreislauf vorgesehen sein, in welchem das Kühlfluid umgewälzt wird. Hierzu kann eine Umwälzpumpe und ein dem erwärmten Kühlfluid Wärme entziehendes Kühlaggregat vorgesehen sein.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass an der Bedrohungsseite des Panzerungselements eine mit Kühlfluid befüllte Opferplatte angeordnet ist. Beim Auftreffen der Laserstrahlung auf die Opferplatte wird diese von dem auftreffenden Laserstrahl zunächst erwärmt. Dabei erwärmt sich auch das innerhalb der Opferplatte angeordnete Fluid. Nach einer gewissen Zeit wird die Opferplatte zerstört und das innerhalb der Opferplatte vorgesehene Kühlfluid verlässt die Opferplatte über den Einstrahlungspunkt der Laserstrahlung. Das von oben unter dem Einfluss der Schwerkraft nachströmende Kühlfluid kühlt den Einstrahlungsbereich weiter, wodurch sich eine gewisse Kühlwirkung ergibt, bevor der Laserstrahl nach Zerstörung der Opferplatte auf die eigentliche Panzerplatte trifft.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass als Kühlfluid ein Flüssiggas, insbesondere gekühlter Stickstoff, Wasser, Glykol, Kältemittel, ein Instand-Kühlfluid, ein Gel oder ein Schaum verwendet wird.

[0012] Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass das Panzerungselement mehrere miteinander verbindbare Kammern aufweist, wobei sich in jeder Kammer eine Komponente eines Mehrkomponentenfluids befindet, das nach Mischen infolge einer chemischen Reaktion eine Kühlwirkung erzeugt. Die einzelnen Kammern können durch den Beschuss der Laserstrahlung miteinander verbunden werden, indem Trennwände derart ausgebildet und angeordnet sind, dass diese durch die auftreffende Laserstrahlung zerstört werden. Alternativ kann zwischen den einzelnen Kammern eine über eine Steuerung ansteuerbare Vorrichtung zum Verbinden der jeweiligen Kammern vorgesehen sein. Beispielsweise kann hierzu ein Ventil zwischen den Kammern vorgesehen sein.

[0013] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass mehrere Panzerungselemente vorgesehen sind. Es kann insbesondere eine Vielzahl von Panzerungselementen über das zu schützende Objekt verteilt angeordnet sein, beispielsweise nach Art einer kachelartigen Anordnung. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung können die Panzerungselemente mit separaten Kühlsystemen ausgestattet sein. Im Falle der Zerstörung eines Panzerungselements kann dieses auf einfache Weise mitsamt des zugehörigen Kühlsystems gegen ein neues Panzerungselement ersetzt werden. Eine konstruktiv vorteilhafte da einfache Ausgestaltung sieht vor, dass mehrere Panzerungselemente über ein gemeinsames Kühlsystem verfügen. Es ergibt sich ein vergleichs-

weise einfacher Aufbau, da nicht jedes Panzerungselement separat beispielsweise mit einem Kühlaggregat zum Kühlen des Kühlfluids ausgestattet sein muss. Alternativ oder zusätzlich zu dem Kühlfluid kann das Kühlsystem auch ein elektrisches Kühlmittel, insbesondere ein Peltier-Element aufweisen. Das Peltier-Element kann beispielsweise an der objektseitigen Rückseite des Panzerungselements angebracht sein und dort durch Bestromung eine Kühlwirkung entfalten. Die Erfindung sieht vor, dass eine die Laserstrahlung erkennende Sensorik zur Auslösung eines Panzerungselements vorgesehen ist. Bei der die Laserstrahlung erkennenden Sensorik handelt es sich um lichtempfindliche Sensoren. Sobald diese eine auftreffende Laserstrahlung erkennen, kann das Kühlsystem aktiviert und die entstehende Wärme abgeleitet werden. Obgleich dies nicht zum Gegenstand der durch die Patentansprüche definierten Erfindung gehört, kann vorgesehen sein, dass das Panzerungselement eine Vielzahl optischer Wirkkörper zur Beeinträchtigung der eingestrahnten Laserstrahlung aufweist. Durch Beeinträchtigung der eingestrahnten Laserstrahlung mittels einer Vielzahl optischer Wirkkörper ergibt sich eine verbesserte Schutzwirkung. Hohe Intensitäten der Laserstrahlung, wie diese bei einem ungestörten Laserstrahl auf lokal begrenztem Raum auftreten, werden vermieden. Die Gefahr zerstörerischer Überbeanspruchungen des Materials aufgrund der durch die Laserstrahlung eingebrachten Wärme wird durch die Beeinträchtigung der Strahlung deutlich reduziert. Aufgrund der Vielzahl optischer Wirkkörper kann die Beeinträchtigung weitgehend unabhängig vom Einstrahlungswinkel der Laserstrahlung erfolgen.

[0014] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht in diesem Zusammenhang weiter vor, dass die Wirkkörper zum Reflektieren der Laserstrahlung als Reflexionskörper ausgebildet sind. Durch Reflektieren der Laserstrahlung können wesentliche Anteile der Laserstrahlung von dem zu schützenden Objekt abgewehrt werden.

[0015] In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, wenn die Reflexionskörper eine reflektierende Oberfläche, insbesondere eine Spiegelfläche, aufweisen. Die Reflexionskörper können vollflächig verspiegelt oder nur teilweise verspiegelt sein. Die Spiegelfläche kann entsprechend der Wellenlänge der erwarteten Laserstrahlung mit einer hoch reflektierenden Schicht versehen sein.

[0016] Alternativ oder zusätzlich kann ferner vorgesehen sein, dass die Wirkkörper zum Brechen der Laserstrahlung als Brechkörper ausgebildet sind. Auch durch Brechung der Laserstrahlung kann diese beeinträchtigt werden. Beispielsweise kann ein Laserstrahl durch Brechungseffekte aufgeweitet werden, wodurch sich geringere Intensitäten im Einstrahlungspunkt ergeben.

[0017] In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, wenn die Brechkörper aus einem optisch transparenten Material bestehen. Die Brechkörper selbst werden daher beim Auftreffen der Laserstrahlung von dieser kaum beeinträchtigt. Die Laserstrahlung durch-

dringt die Brechkörper ohne diese nennenswert zu erwärmen. Durch Brechung an den Kanten der Brechkörper erfolgt ein Aufweiten bzw. Streuen der Laserstrahlung, so dass diese auf das dahinter liegend angeordnete Objekt nur mit deutlich geringerer Intensität auftrifft.

[0018] Vorteilhaft weisen die Brechkörper eine gekrümmte Fläche zum Aufweiten der Laserstrahlung auf. Die gekrümmte Fläche kann beispielsweise kugelförmig, sphärisch oder zylindrisch ausgebildet sein. Auch können die Wirkkörper bzw. die Brechkörper zur Erzeugung einer Streuwirkung eine angeraute Oberfläche aufweisen.

[0019] Alternativ oder zusätzlich sieht eine weitere Ausgestaltung vor, dass die Wirkkörper zur Beugung der Laserstrahlung als Beugungskörper ausgebildet sind. Auch durch Ausnutzung von Beugungseffekten kann die eingestrahlte Laserstrahlung derart beeinträchtigt werden, dass sich geringere Intensitäten an dem zu schützenden Objekt einstellen.

[0020] Eine konstruktiv vorteilhafte Ausgestaltung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die Beugungskörper Beugungsspalte aufweisen. Die Beugungsspalte können beispielsweise durch eine auf den Beugungskörpern aufgebraute Beschichtung, durch innerhalb der Beugungskörper vorgesehene Materialunterschiede oder ähnliche Strukturen erzeugt werden.

[0021] Eine vorteilhafte, ein besonders gute Schutzwirkung entfaltende Ausgestaltung sieht vor, dass in Wirkrichtung der Laserstrahlung mehrere Wirkkörper hintereinander angeordnet sind. Es ergibt sich eine Art gestufte Schutzanordnung, bei welcher nach Ausfall oder nach Durchlaufen eines weiter vorne liegenden Wirkkörpers die Laserstrahlung im Anschluss auf einen weiteren Wirkkörper trifft. Vorteilhaft sind die Wirkkörper derart zueinander angeordnet, dass sich eine stufenweise Beeinträchtigung der Laserstrahlung verbunden mit einer stufenweise reduzierten Strahlintensität ergibt. Um eine gleichmäßige Schutzwirkung gegen aus unterschiedlichsten Richtungen einstrahlende Laserstrahlung zu erhalten, wird in weiterer Ausgestaltung vorgeschlagen, dass die Wirkkörper als loses Schüttgut innerhalb einer gehäuseartigen Aufnahme des Panzerungselements angeordnet sind. Durch die Anordnung der Wirkkörper als loses Schüttgut weisen diese keine bevorzugte Ausrichtung auf, sondern liegen stochastisch verteilt innerhalb der entsprechenden Aufnahme. Insofern sind bestimmte Wirkkörper immer auf unterschiedliche Einstrahlrichtungen optimal ausgerichtet.

Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Aufnahme zumindest bedrohungsseitig im Wellenlängenbereich der Laserwaffen optisch transparent ausgebildet ist. Auf diese Weise tritt der eintreffende Laserstrahl zunächst ungehindert durch die Aufnahme hindurch, bevor er dann auf die in der Aufnahme angeordneten optischen Wirkkörper trifft. Eine Zerstörung der Aufnahme durch die eintreffende Laserstrahlung und damit beispielsweise ein Austreten der als Schüttgut angeord-

neten Wirkkörper wird vermieden.

[0022] Eine alternative oder zusätzliche Ausgestaltung sieht vor, dass die Wirkkörper nach Art eines Schutzvorhangs angeordnet sind. Die Wirkkörper können vorhangartig um das zu schützende Objekt herum angeordnet werden. Der Vorhang kann geöffnet oder geschlossen werden, je nachdem, ob gerade eine Laserbedrohung vorherrscht oder nicht.

Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass die Wirkkörper in ein Trägermaterial eingebettet sind, welches auf die Bedrohungsseite des Panzerungselements aufbringbar ist. Bei dem Trägermaterial kann es sich insbesondere um ein pastöses Material handeln, in welches die Wirkkörper eingebettet sind. Ähnlich einer Sonnencreme kann das Trägermaterial mitsamt den Wirkkörpern im Falle einer erkannten Laserstrahlung dann beispielsweise über eine Düse auf bedrohte Stellen aufgebracht werden.

[0023] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass die Wirkkörper mehrere gegeneinander abgewinkelt verlaufende Flächen aufweisen. Die gegeneinander abgewinkelt verlaufenden Flächen können beispielsweise als Reflexions-, Brechungs- oder Beugungsflächen genutzt werden.

[0024] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass die Wirkkörper kugelförmig sind. An den Kugelflächen können beispielsweise Reflexions- oder Brechungseffekte zur Beeinträchtigung der Laserstrahlung genutzt werden. Obgleich dies ebenfalls nicht zum Gegenstand der durch die Patentansprüche definierten Erfindung gehört, kann vorgesehen sein, dass das Panzerungselement gegenüber dem Objekt bewegbar angeordnet ist. Durch die bewegbare Anordnung des Panzerungselements gegenüber dem Objekt kann das Panzerungselement auch gegenüber dem auf dem Objekt auftreffenden Laserstrahl bewegt werden. Hierdurch wird ein lokal auf einen einzigen Einstrahlungspunkt begrenzter Energieeintrag vermieden. Die Energie des Laserstrahls wird entsprechend der Bewegung des Panzerungselements nicht lokal in nur einem Einstrahlungspunkt, sondern entlang des Bewegungswegs des Panzerungselements über eine größere Fläche verteilt in das Panzerungselement eingekoppelt. Die Gefahr eines Materialversagens infolge der durch die Laserstrahlung eingebrachten Wärme wird deutlich verringert. Bei bewegbarer Anordnung des Panzerungselements ist dafür Sorge zu tragen, dass die Elemente des Kühlsystems, wie beispielsweise Rohrleitungen, Düsen usw., durch die Bewegungen nicht beeinträchtigt werden.

[0025] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Panzerungselement vor einer zu schützenden Fläche des Objekts angeordnet und in einer Richtung parallel und/oder quer zu der zu schützenden Fläche bewegbar angeordnet ist. Durch paralleles Bewegen lässt sich der Energieeintrag des Laserstrahls über die Fläche verteilen. Durch eine Bewegung quer zur zu schützenden Fläche kann das Schutzelement aus der Fokuslage des Laserstrahls heraus bewegt werden, wodurch die Ener-

giedichte im Einstrahlpunkt ebenfalls gesenkt werden kann.

[0026] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass das Panzerungselement in mehreren Richtungen bewegbar angeordnet ist. Beispielsweise kann das Panzerungselement in einer im Wesentlichen vertikalen und zusätzlich in einer im Wesentlichen horizontalen Richtung bewegt werden.

Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass das Panzerungselement über einen Antrieb, insbesondere einen elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Antrieb bewegbar ausgebildet ist. Über den Antrieb lassen sich definierte Bewegungsabläufe auf das Panzerungselement übertragen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Panzerungselement federnd gelagert ist. Durch die federnde Lagerung des Panzerungselements kann sich dieses beispielsweise bei Anbringung an einem militärischen Fahrzeug infolge der im Fahrbetrieb auftretenden Kräfte selbsttätig bewegen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass ein Sichtschutz vorgesehen ist, durch welchen die Bewegungen des Panzerungselements verdeckt werden. Durch den im Einstrahlweg des Laserstrahls angeordneten Sichtschutz sind die Bewegungen des Panzerungselements für den Angreifer nicht sichtbar. Der Sichtschutz ist auf der Bedrohungsseite des Panzerungselements angeordnet. Es ist dem Angreifer daher nicht möglich, die Bewegungen zu antizipieren und zu versuchen, den Laserstrahl den Bewegungen des Panzerungselements nachzuführen, um auf diese Weise eine bestimmte Stelle des Panzerungselements gezielt unter Dauerbeschuss zu nehmen.

[0027] Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn der Sichtschutz zumindest die Kanten des Panzerungselements abdeckt. Ein Abdecken der Kanten des Panzerungselements reicht in den meisten Fällen aus, da sich die Bewegung eines insbesondere plattenförmig ausgebildeten Panzerungselements zumeist nur an dessen Kanten erkennen lässt.

[0028] Eine konstruktiv vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass der Sichtschutz feststehend ausgebildet ist und das Panzerungselement im Sichtschatten des Sichtschutzes bewegbar ist.

[0029] Eine weitere in konstruktiver Hinsicht vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Panzerungselement in einem Zwischenbereich zwischen einer Außenfläche des zu schützenden Objekts und dem Sichtschutz angeordnet ist.

[0030] In weiterer Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass der Sichtschutz in einem schmalbandigen Wellenlängenbereich optisch transparent ausgebildet ist. Der Wellenlängenbereich, in welchem der Sichtschutz optisch transparent ist, kann entsprechend der Wellenlänge der Laserwaffe eingestellt sein. In diesem Fall ist der Sichtschutz für den Laserstrahl transparent, so dass dieser bei Einstrahlung nicht beeinträchtigt wird und der Laserstrahl ungehindert durch den Sichtschutz hindurch-

tritt. Diese Ausgestaltung bietet sich insbesondere bei Laserstrahlung im UV- oder IR-Wellenlängenbereich an, welche außerhalb des vom menschlichen Auge optisch wahrnehmbaren Spektrums liegt. In diesem Fall strahlt der Laserstrahl ungehindert durch den Sichtschutz hindurch auf das sich hinter dem Sichtschutz bewegende Panzerungselement, was für den Angreifer jedoch nicht zu erkennen ist. Dem Angreifer stellt sich die Situation so dar, als ob der Laserstrahl von der Fläche absorbiert würde, ohne dass dies überhaupt irgendeine Wirkung hätte.

[0031] Für einen flächigen Schutz auch großflächiger Objekte ist es von Vorteil, wenn die Laserpanzerung mehrere bewegbar angeordnete Panzerungselemente aufweist, die kachelartig über das zu schützende Objekt verteilt angeordnet sind. Auf diese Weise lässt sich mit im Wesentlichen als Gleichteile ausgebildeten Panzerungselementen auch ein Schutz von größeren Objekten realisieren. Sollte einmal eines der Panzerungselemente beispielsweise durch gegnerischen Laserbeschuss beschädigt sein, kann dieses auf einfache Weise gegen ein neues Panzerungselement ausgetauscht werden. Die Panzerungselemente können als Schutzmodule ausgebildet sein, die sich mit wenigen Handgriffen an dem Objekt anbringen bzw. von diesem entfernen lassen.

[0032] Eine für die Schutzwirkung der Laserpanzerung vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die Panzerungselemente in mehreren Lagen angeordnet sind. Es ergibt sich eine redundante Anordnung der Panzerungselemente derart, dass bei Versagen einer äußeren Lage von Panzerungselementen der Laserstrahl auf eine weiter innen liegende Lage trifft.

[0033] In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, wenn jede Lage mehrere Panzerungselemente aufweist, wobei die Bewegungsrichtungen der Panzerungselemente in zwei benachbarten Lagen unterschiedlich sind.

[0034] Darüber hinaus hat es sich im Zusammenhang mit der Laserpanzerung als vorteilhaft erwiesen, wenn diese eine Sensorik zur Erkennung der Laserstrahlung aufweist. Im Falle einer Laserstrahlerkennung mittels der Sensorik können die Panzerungselemente automatisch in Bewegung versetzt werden. Es ist nicht erforderlich, die Panzerungselemente ständig zu bewegen, sondern nur im Falle einer konkreten Bedrohungslage, die über die Sensorik zuverlässig erkannt wird.

[0035] Darüber hinaus wird zur Lösung der vorstehend genannten Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die über die Laserwaffen in das Panzerungselement eingebrachte Wärme über ein Kühlsystem abgeleitet und das Kühlsystem über eine die Laserstrahlung erkennende Sensorik mit lichtempfindlichen Sensoren aktiviert wird. Es ergeben sich die bereits im Zusammenhang mit der Laserpanzerung geschilderten Vorteile. Auch bei dem Verfahren ist es von Vorteil, wenn das Panzerungselement gemäß einem oder mehreren der vorstehend genannten Merkmale ausgebildet ist.

[0036] Schließlich wird zur Lösung der vorstehend ge-

nannten Aufgabe bei einem Fahrzeug vorgeschlagen, dass dieses mit einer Laserpanzerung der vorstehend beschriebenen Art ausgestattet ist. Auch hier ergeben sich die bereits im Zusammenhang mit der Laserpanzerung geschilderten Vorteile.

[0037] Weitere Aspekte, Vorteile und Einzelheiten einer erfindungsgemäßen Laserpanzerung, eines Verfahrens zum Schutz eines Objekts vor Laserwaffen wie auch eines mit einer entsprechenden Laserpanzerung ausgestatteten Fahrzeugs werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen von Ausführungsbeispielen erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 in perspektivischer, stark schematisierter Prinzipansicht ein zu schützendes Objekt mit einer mehrere Panzerungselemente aufweisenden Laserpanzerung,
- Fig. 2-7 verschiedene Ausgestaltungen einer Laserpanzerung in schematischen Prinzipansichten und
- Fig. 8 eine Laserpanzerung mit einer zusätzlich vorgesehenen Opferplatte,
- Fig. 9 - 12 schematische Ansichten unterschiedlicher Ausführungen von Panzerungselementen mit optischen Wirkkörpern.
- Fig. 13 - 18 schematische Ansichten unterschiedlicher Ausführungen einer Laserpanzerung mit einem bewegbaren Panzerungselement.

[0038] Fig. 1 zeigt in perspektivischer, stark schematisierter Ansicht ein Objekt 10, welches über eine Laserpanzerung 1 gegen Beschuss von Laserwaffen geschützt ausgeführt ist.

[0039] Bei dem Objekt 10 kann es sich um ein immobiles Objekt, wie beispielsweise ein Gebäude oder einen Bunker oder um ein mobiles Ziel, wie beispielsweise ein militärisches Fahrzeug und insbesondere ein militärisches Landfahrzeug handeln. Die Laserpanzerung 1 dient zum Schutz vor Laserwaffen, worunter erfindungsgemäß sämtliche mittels gebündelter Strahlung arbeitende Strahlenwaffen zu verstehen sind.

[0040] Wie die Darstellung in Fig. 1 dies erkennen lässt, besteht die Laserpanzerung 1 aus mehreren kachelartig über das Objekt 10 verteilt angeordneten Panzerungselementen 2, die vor einer zu schützenden Fläche des Objekts 10 angeordnet sind. Während die Darstellung in Fig. 1 eine Ausgestaltung der Laserpanzerung 1 erkennen lässt, bei welcher die Panzerungselemente 2 lediglich an einer Seite des Objekts 10 angeordnet sind, versteht es sich, dass die Laserpanzerung 1 auch Panzerungselemente 2 an den übrigen Seiten des Objekts umfassen kann, was vor allem davon abhängt, von welcher Seite her die Bedrohung zu erwarten ist. Bei einem

militärischen Fahrzeug bietet es sich an, sämtliche Fahrzeugseiten wie auch das Fahrzeugdach mit Panzerungselementen 2 zu versehen und lediglich den Fahrzeugboden nicht gegen Laserbeschuss zu panzern, da der Beschuss mittels Laserwaffen üblicherweise von der Seite bzw. von oben her erfolgt.

[0041] Wie die Darstellung in Fig. 1 dies veranschaulicht, sind die einzelnen Panzerungselemente 2 von plattenförmiger Geometrie und mit einem Kühlsystem 3 zum Ableiten von durch die Laserstrahlung eingebrachter Wärme versehen. Bei dem Kühlsystem 3 handelt es sich um ein aktives Kühlsystem 3, welchem zum Zwecke der Kühlung Energie zugeführt wird, beispielsweise zum Betrieb eines Kühlaggregats oder zum Betrieb von Pumpen P.

[0042] Bei der Ausführung gemäß Fig. 1 verfügen mehrere Panzerungselemente 2 über ein gemeinsames Kühlsystem 3. Alternativ ist es jedoch auch denkbar dass jedes Panzerungselement 2 mit einem eigenen Kühlsystem 3 ausgestattet ist, vgl. beispielsweise Fig. 5.

[0043] Gemäß der Darstellung in Fig. 1 weisen die Panzerungselemente 2 jeweils einen Teil eines Kühlkreislaufes 4 auf. Die Panzerungselemente 2 sind schuppenartig über eine Fläche des zu schützenden Objekts 10 verteilt angeordnet und der Kühlkreislauf 4 ist mäanderförmig durch mehrere Panzerungselemente 2 hindurchgeführt. Die Panzerungselemente 2 weisen hierzu jeweils Rohrleitungsstücke auf, die mit entsprechenden Rohrleitungsstücken eines benachbarten Panzerungselements 2 beispielsweise durch Ineinanderstecken verbunden werden können, um auf diese Weise einen geschlossenen Kühlkreislauf 4 zu bilden. Innerhalb des Kühlkreislaufs 4 strömt ein Kühlfluid, welches beim Durchlaufen der Panzerungselemente 2 Wärme aufnimmt und diese an anderer Stelle als Abwärme q_{ab} abgibt.

[0044] Bei der Ausführung gemäß Fig. 1 ist der Kühlkreislauf 4 über einen eine Art Kühlaggregat bildenden Kältemittelkreis 8 mit einem Abwärmekreis 9 verbunden. Der Kältemittelkreis 8 besteht in üblicher Weise aus einem Verdampfer 8.1, in welchem das über die Laserstrahlung erwärmte Kühlfluid unter Abgabe von Wärme zu einer Verdampfung des innerhalb des Kältemittelkreises 8 strömenden Kältemittels sorgt. Das verdampfte Kältemittel wird über einen Kompressor 8.2 in einen Wärmetauscher 8.3 geführt, in welchem das Kältemittel seine Wärme an den Abwärmekreis 9 abgibt. Hierbei verflüssigt sich das Kältemittel in Teilen, wonach es dann über eine Drossel 8.4 in den Verdampfer 8.1 zurückgeführt wird, wo es dann unter erneuter Aufnahme von über die Laserstrahlung eingebrachter Energie verdampft. Es ergibt sich eine Anordnung, bei welcher aufgrund des zwischengeschalteten Kältemittelkreises 8 große Wärmemengen abgeführt werden können. Alternativ wäre es jedoch auch denkbar, die von dem Kühlfluid aufgenommene Wärme auf andere Weise und insbesondere ohne eine Kältemittelkreis 8 abzuführen.

[0045] Während die Darstellung in Fig. 1 eine Laser-

panzerung 1 mit einem geschlossenen Kühlkreislauf 4 zeigte, in welchem das Kühlfluid zirkuliert, zeigen die Darstellungen in den Fig. 2 bis 7 Ausgestaltungen, bei welchen das Kühlfluid 11 nicht notwendigerweise in einem Kühlkreislauf 4 zirkuliert.

[0046] Bei den Ausführungen gemäß den Fig. 2 bis 4 ist jeweils eine Sprühvorrichtung 5 vorgesehen. Über diese wird das Kühlfluid 11 unter erhöhtem Druck zerstäubt und auf eine zu kühlende Fläche des Panzerungselements 2 aufgebracht.

[0047] Bei der Ausführung gemäß Fig. 2 sind die Sprühvorrichtungen 5 derart angeordnet, dass die Bedrohungsseite der Panzerungselemente 2 besprüht wird. Durch kontinuierliches Besprühen nimmt das Kühlfluid 11 beim Nachuntenrinnen Wärme auf und führt diese ab.

[0048] Von ganz ähnlicher Konstruktion ist die Ausführung gemäß Fig. 4, bei welcher die Sprühvorrichtungen 5 nicht an der Bedrohungsseite, sondern an der Objektseite der Panzerungselemente 2 angeordnet sind. Die Sprühvorrichtungen 5 befinden sich in einem Spalt zwischen den Panzerungselementen 2 und dem zu schützenden Objekt 10, so dass diese für einen Angreifer von außen nicht sichtbar sind.

[0049] Bei der Ausführung gemäß Fig. 3 sind die Sprühvorrichtungen 5 im Inneren der Panzerungselemente 2 angeordnet. Die Sprühvorrichtungen 5 werden über einen Einlass 2.2 mit Kühlfluid 11 versorgt. Über die Sprühvorrichtungen 5 wird das Kühlfluid 11 derart in das Innere der Panzerungselemente 2 eingesprüht, dass diese großflächig mit Kühlfluid 11 benetzt wird. Das Kühlfluid 3 strömt unter dem Einfluss der Schwerkraft nach unten und verlässt das Panzerungselement 2 schließlich über Auslässe 2.1. Anschließend kann das Kühlfluid 11 entweder in die Umwelt entweichen oder in einem Kühlkreislauf 4 abgekühlt und dann erneut über den Einlass 2.2 in das Innere des Panzerungselements 2 geführt werden.

[0050] Fig. 5 zeigt eine Ausgestaltung eines Panzerungselements 2, bei welcher ein Panzerungselement 2 mit einem separaten Kühlsystem 3 versehen ist. Dem Panzerungselement 2 ist ein separater Kühlkreislauf 4 zugeordnet. Im oberen Bereich des Panzerungselements 2 befindet sich der Einlass 2.2, bzw. bei der Ausführung gemäß Fig. 5 zwei Einlässe 2.2. Im Bereich jeden Einlasses 2.2 ist eine Sprühvorrichtung 5 angeordnet, über welche das Kühlfluid 11 in das Innere des Panzerungselements 2 eingesprüht wird. Das Innere des Panzerungselements 2 weist eine Kammer 6 auf. Im unteren Endbereich des Panzerungselements 2 sammelt sich das Kühlfluid 11 innerhalb der Kammer 6 und verlässt diese über den Auslass 2.1. Nach Verlassen des Panzerungselements 2 wird das Kühlfluid 3 getrieben über eine Pumpe P nach Durchströmen des Kühlkreislaufs 4 erneut dem Einlass 2.2 zugeführt. Dabei kann das Kühlfluid 11 vor Erreichen den Einlasses 2.2 zunächst eine Abkühlung durchlaufen, beispielsweise durch Wärmeabgabe an einen Kältemittelkreis, wie dies bereits anhand der Darstellung in Fig. 1 erläutert wurde.

[0051] Fig. 7 zeigt eine Ausgestaltung ähnlich jener

der Fig. 5, bei welcher mehrere in Reihe geschaltete Kammern 6 vorgesehen sind, was zu einer gleichmäßigeren Kühlwirkung beiträgt. Die einzelnen Kammern 6 sind kaskadiert zueinander angeordnet. Das sich in einer höher liegenden Kammer 6 in deren unterem Bereich sammelnde Kühlfluid 11 wird über eine im oberen Bereich einer darunter liegenden Kammer 6 vorgesehene Sprühvorrichtung 5 geführt, so dass das Kühlfluid 11 nacheinander mehrere Sprühvorrichtungen 5 durchläuft. Es ergibt sich eine Art Kaskade mit guter Kühlwirkung.

[0052] Fig. 6 zeigt eine Ausgestaltung, bei welcher das Panzerungselement 2 vollständig mit Kühlfluid 11 befüllt ist. Über den Einlass 2.2 tritt das Kühlfluid 3 in das Innere des Panzerungselements 2 ein und verlässt dieses über den Auslass 2.1 unter Mitnahme der über die Laserstrahlung in das Panzerungselement 2 eingekoppelten Wärme. Auch hier kann eine kaskadierte Anordnung mit mehreren Kammern 6 die Kühlwirkung verbessern.

[0053] Fig. 8 zeigt schließlich eine Ausgestaltung, bei welcher den Panzerungselementen 2 der Laserpanzerung 1 eine Opferplatte 7 vorgeschaltet ist. Die Opferplatte 7 ist nach Art eines Kühlfluidreservoirs ausgeführt und wirkt als eine Art passives Kühlsystem, bei welchem auch ohne Zufuhr externer Energie eine gewisse Kühlwirkung erzeugt wird. Bei Beschuss mittels Laserstrahlung wird das in der Opferplatte 7 vorgesehene Kühlfluid 11 zunächst erwärmt, bevor dann die Opferplatte 7 nach einer gewissen Einstrahlzeit zerstört wird. Im Bereich der Zerstörstelle, d. h. des Einstrahlpunkts der Laserstrahlung, tritt das innerhalb der Opferplatte 3 vorgesehene Kühlfluid 11 unter Schwerkraftwirkung dann nach und nach aus, wobei ebenfalls Wärme abgeführt wird. Auch kann das aus der Opferplatte 7 ausströmende Kühlfluid 11 zu einer Benetzung der dahinterliegend angeordneten Panzerungselemente 2 ebenfalls unter Aufbringung einer gewissen Kühlwirkung erzeugen.

[0054] Zusätzlich zu einem Kühlsystem 3 der zuvor beschriebenen Art können die Panzerungselemente 2 auch mit mehreren optischer Wirkkörpern 13, 14, 15 versehen sein, was nachfolgend anhand der Darstellungen in den Figuren 9 bis 12 erläutert werden wird, in welchen Einzelheiten des Kühlsystems 3 aus Gründen der Übersicht nicht dargestellt sind.

[0055] Wie dies anhand der Ausführungen in den Fig. 9 bis 12 deutlich wird, können die Panzerungselemente 2 jeweils eine Vielzahl optischer Wirkkörper 13, 14, 15 zur Beeinträchtigung der eingestrahnten Laserstrahlung aufweisen. Hierdurch wird eine Schwächung der Intensität der Laserstrahlung und damit eine Reduktion der erforderlichen Kühlleistung des Kühlsystems 3 erreicht. Es wird verhindert, dass Laserstrahlen mit einer oberhalb der Zerstörschwelle des zu schützenden Objekts 10 liegenden Intensität auf dieses einwirken.

[0056] Bei der Ausführung gemäß Fig. 9 ist eine Vielzahl unterschiedlicher Wirkkörpern 13 vorgesehen. Die Wirkkörper 13 sind als Reflexionskörper 13 ausgebildet und befinden sich als loses Schüttgut in einer kastenförmigen Aufnahme 2.3 des Panzerungselements 2. Die

optischen Wirkkörper 13 weisen eine aus einer optisch reflektierenden Schicht bestehende Oberfläche 13.1 auf. Die reflektierende Oberfläche 13.1 kann sich über den gesamten optischen Wirkkörper 13 oder nur über Teilbereiche des Wirkkörpers 13 erstrecken. Die Wirkkörper 13 gemäß der Ausführung in Fig. 9 weisen mehrere sich gegeneinander abgewinkelt erstreckende Oberflächen 13.1 auf, wodurch sich ganz unterschiedliche Reflexions-ebenen ergeben.

[0057] Beim Auftreffen eines Laserstrahls wird dieser an der entsprechenden Oberfläche 13.1 des Wirkkörpers 13 reflektiert. Nach erfolgter Reflexion trifft der Laserstrahl dann ggf. auf einen weiteren Wirkkörper 13 und wird erneut reflektiert. Mit jeder Reflexion sinkt die Intensität des auf das Objekt 10 einwirkenden Laserstrahls, so dass dieser - falls das Panzerungselement 2 überhaupt durchstrahlt werden sollte, nur mit deutlich reduzierter Intensität auf das Objekt 10 trifft. Wesentliche Anteile des Laserstrahls werden zudem von dem Objekt 10 weg gelenkt.

[0058] Auf einem anderen physikalischen Wirkprinzip beruht das in Fig. 10 dargestellte Panzerungselement 2.

[0059] Bei diesem ist ebenfalls eine Vielzahl optischer Wirkkörper 14 von zum Teil unterschiedlicher Geometrie vorgesehen. Über die Wirkkörper 14 wird ein auftreffender Laserstrahl, wie ein solcher in Fig. 10 exemplarisch in durchgezogenen Linien dargestellt ist, durch Brechung beeinträchtigt, wodurch der Laserstrahl aufweitet und hierdurch an Intensität verliert. Wie die punktierten Linien dies veranschaulichen sollen, wird der Laserstrahl nicht nur durch die Brechungseffekte sondern auch durch Reflexionen an den Grenzflächen der Wirkkörper 14 beeinträchtigt. Die Wirkkörper 14 sind zum Brechen der Laserstrahlung als optisch transparente Brechkörper 14 ausgestaltet. Beim Auftreffen eines Laserstrahls auf einer Fläche des Brechkörpers 14 erfolgt eine Lichtbrechung, wodurch sich nach Durchlaufen mehrerer hintereinander angeordneter Brechkörper eine Schwächung des Laserstrahls derart ergibt, dass dieser beim Verlassen des Schutzelements 2 eine deutlich geringere Intensität aufweist. Die Gefahr einer Zerstörung des Objekts 10 wird auch durch diese Wirkkörper 14 deutlich reduziert wird. Der Durchmesser des auf der Bedrohungsseite des Panzerungselements 2 auftreffenden Laserstrahls wird durch das Durchlaufen der Brechkörper 14 auf ein Vielfaches aufgeweitet, wodurch die Intensität der Laserstrahlung auf ein unkritisches Niveau gesenkt werden kann.

[0060] Die Wirkkörper 14 können gemäß der schematischen Darstellung verschiedene Geometrien aufweisen. Wichtig ist, dass diese gegeneinander abgewinkelt verlaufende Flächen oder runde Flächen aufweisen, an welchen dann die Brechung des Lichts erfolgt.

[0061] Alternativ oder zusätzlich kann es sich bei den Wirkkörpern 14 gemäß der Darstellung in Fig. 10 auch um sog. Stahlteiler handeln, die Anteile der Laserstrahlung mit einer bestimmten Strahleigenschaft durchlassen und andere Teile der Laserstrahlung, die diese Strahlei-

genschaft nicht aufweisen, reflektieren. Beispielsweise können p- und s-polarisierte Strahlanteile voneinander getrennt werden, wodurch sich ebenfalls eine deutliche Reduktion der eingestrahnten Laserintensität ergibt. Hierzu können an den Wirkkörpern 14 beispielsweise Polarisationsfilter vorgesehen sein.

[0062] Auf einem weiteren physikalischen Wirkprinzip beruht der in Fig. 11 dargestellte Wirkkörper 15.

[0063] Auch dieser kann gemäß den Darstellungen in den Fig. 9 bzw. 10 als loses Schüttgut in ein Panzerungselement 2 eingebracht sein. Bei dem in Fig. 11 dargestellten Wirkkörper 15 handelt es sich um einen Beugungskörper 15. Dieser weist mehrere Beugungsspalte 15.1 auf, an welchen das auftreffende Laserlicht gebeugt wird. Es ergeben sich Beugungsmuster mit einer weniger intensiven Laserstrahlung auf der Oberfläche des zu schützenden Objekts 10.

[0064] Gemäß der Darstellung in den Fig. 9 und 10 können die Wirkkörper 13, 14, 15 als loses Schüttgut immer innerhalb einer gehäuseartigen Aufnahme 2.3 des Panzerungselements 2 angeordnet werden. Innerhalb eines Panzerungselements 2 können unterschiedliche Wirkkörper 13, 14, 15 mit reflektierenden, brechenden und beugenden Eigenschaften gemischt angeordnet werden, vorzugsweise als loses Schüttgut.

[0065] Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Aufnahme 2.3 von kastenförmiger Geometrie ist und bedrohungsseitig mit einer optisch transparenten Abdeckung nach Art eines Deckels versehen ist. Die Abdeckung kann im Bereich der erwarteten Laserstrahlung in einem schmalbandigen Wellenlängenbereich optisch transparent ausgebildet sein. Dies führt dazu, dass der auftreffende Laserstrahl ungehindert durch die Abdeckung hindurch tritt und erst durch die dahinter liegenden Wirkkörper 13, 14, 15 beeinträchtigt wird. Eine Zerstörung der Abdeckung wird auf diese Weise vermieden. Ein anderer positiver Effekt stellt sich bei solchen Abdeckungen ein, die in einem außerhalb des vom menschlichen Auge wahrnehmbaren Wellenlängenbereichs optisch transparent sind. Denn bei diesen tritt beispielsweise ein Laserstrahl im IR-Bereich durch die Abdeckung hindurch, hinter welcher er dann über die optischen Wirkkörper 13, 14, 15 beeinträchtigt wird. Da dies für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar ist, kann der Angreifer diese Effekte jedenfalls nicht ohne Weiteres erkennen.

[0066] Alternativ oder zusätzlich ist es auch denkbar, dass eine Vielzahl Wirkkörper 13, 14, 15 in ein Trägermaterial eingebettet ist, welches auf die Bedrohungsseite des Panzerungselements 2 aufbringbar ist. Ähnlich einer Sonnenschutzcreme können innerhalb des Trägermaterials eine Vielzahl kleinerer Wirkkörper 13, 14, 15 eingebettet sein. Bei Erkennung eines Laserangriffs kann dann das Trägermaterial und mit diesem die Wirkkörper 13, 14, 15 auf die bedrohte Seite des zu schützenden Objekts 10 gezielt ausgebracht werden. Hierzu kann beispielsweise ein entsprechendes Leitungssystem mit mehreren Austrittsdüsen zum Aufbrin-

gen der in dem Trägermaterial angeordneten Wirkkörper 13, 14, 15 auf eine bedrohte Stelle des Objekts vorgehen sein.

[0067] Eine weitere alternative Anordnung der Wirkkörper 13, 14, 15 ist in Fig. 12 dargestellt. Bei dieser befinden sich eine Vielzahl von Wirkkörpern 13, 14, 15 in einer Art Vorhanganordnung. Diese Art von Vorhang kann an der Bedrohungsseite eines Objekts 10 angeordnet werden.

[0068] Durch Beeinträchtigung der eingestrahlten Laserstrahlung mittels einer Vielzahl optischer Wirkkörper 13, 14, 15, kann die auftreffende Laserstrahlung durch Reflexion, Brechung oder Beugung derart beeinträchtigt werden, dass unabhängig von der Einstrahlrichtung des auftreffenden Laserstrahls eine Abschwächung der Intensität der Laserstrahlung erfolgt. Die Gefahr eines Materialversagens infolge sehr intensiver Einstrahlung wird deutlich verringert.

[0069] Darüber hinaus können die Panzerungselemente 2 gegenüber dem Objekt 10 bewegbar angeordnet werden, was nachfolgend anhand der Darstellungen in den Figuren 13 bis 18 erläutert werden wird, in welchen Einzelheiten des Kühlsystems 3 wie auch der optischen Wirkkörper 13, 14, 15 aus Gründen der Übersicht nicht dargestellt sind.

[0070] Wie die Darstellung beispielsweise in Fig. 13 dies veranschaulicht, sind die Panzerungselemente 2 gegenüber dem Objekt 10 bewegbar angeordnet. Hierdurch wird erreicht, dass ein auf dem Objekt 10 bzw. der Laserpanzerung 1 auftreffender Laserstrahl über längere Zeit auf ein und denselben Punkt einwirkt und dort nach einer gewissen Einstrahlzeit ggf. eine Zerstörungswirkung entfaltet.

[0071] Bei der Ausführung gemäß Fig. 13 ist das Panzerungselement 2 vor der zu schützenden Fläche 12 des Objekts 10 in vertikaler Richtung R_1 wie auch in horizontaler Richtung R_2 bewegbar. Durch das Bewegen des Panzerungselements 2 gegenüber dem Objekt 10 ergibt sich auch eine Relativbewegung gegenüber dem auftreffenden Laserstrahl, weshalb dieser nicht über längere Zeiträume auf ein und denselben Punkt trifft, womit der lokale Energieeintrag deutlich reduziert wird, so dass Zerstörungen des Panzerungselements 2 nicht zu befürchten stehen.

[0072] Während die Darstellung in Fig. 13 zwei Bewegungsrichtungen des Panzerungselements 2 in einer Fläche parallel zu der zu schützenden Fläche 12 des Objekts 10 zeigt, ist es auch denkbar, das Panzerungselement 2 zusätzlich oder alternativ auch quer zur Richtung der zu schützenden Fläche 12 zu bewegen. Durch eine solche Bewegung wird das Panzerungselement 2 in Richtung des auftreffenden Laserstrahls bewegt. Üblicherweise wird der von der Laserwaffe ausgehende Laserstrahl direkt in die Fläche des Objekts 10 hinein fokussiert, da die Intensität der Laserstrahlung im Fokus am größten ist. Durch eine Bewegung des Panzerungselements 2 quer zur zu schützenden Fläche 12 des Objekts 10 kann das Panzerungselement 2 aus dieser Fo-

kuslage heraus bewegt werden, wodurch die Intensität der Laserstrahlung in deren Einstrahlpunkt gesenkt wird. Auch hierdurch lässt sich die Gefahr einer Zerstörung des Panzerungselements 2 durch die auftreffende Laserstrahlung verringern.

[0073] Wie die Darstellung in Fig. 16 zeigt, können die Bewegungen des Panzerungselements 2 über einen Antrieb M initiiert werden. Bei dem Antrieb M kann es sich um einen motorischen Antrieb, wie beispielsweise einen Elektro-, Hydraulik- oder Pneumatikmotor handeln. Über den Antrieb M kann das Panzerungselement 2 definiert in Bewegung versetzt werden, beispielsweise über eine Art Exzentergetriebe oder ähnliche Vorrichtungen. Da es nicht erforderlich ist, das Panzerungselement 2 ständig in Bewegung zu halten, ist zudem eine Sensorik S zur Erkennung der auftreffenden Laserstrahlung vorgesehen. Hierbei kann es sich um lichtempfindliche Sensoren handeln, welche die auftreffende Laserstrahlung erkennen. Nach Erkennen der Laserstrahlung kann dann der Antrieb M angesteuert und das Panzerungselement 2 in Bewegung versetzt werden.

[0074] Alternativ oder zusätzlich kann das Panzerungselement 2 auch federnd aufgehängt sein, wie dies in Fig. 17 dargestellt ist. Zu erkennen ist, dass das Panzerungselement 2 über eine Feder 24 an das zu schützende Objekt 10 angekoppelt ist. Eine derartig federnde Aufhängung bietet sich insbesondere bei mobilen Objekten 10 und insbesondere bei militärischen Landfahrzeugen an. Aufgrund der im Fahrbetrieb auftretenden Kräfte wird das Panzerungselement 2 bei diesen durch Auslenken der Feder 24 ständig in Bewegung gehalten. Vorteil dieser Aufhängung über Federn 24 ist zudem, dass die Bewegung rein stochastisch erfolgt, so dass ein Nachführen der Laserstrahlung entsprechend der Bewegungen des Panzerungselements 2 nicht möglich ist.

[0075] Zur Vermeidung einer Zielnachführung der Laserstrahlung ist gemäß der Darstellungen in den Fig. 14 und 15 zudem ein Sichtschutz 23 vorgesehen, auf welchen nachfolgend im Einzelnen eingegangen werden wird.

[0076] Wie die Darstellung in Fig. 14 zunächst erkennen lässt, befindet sich der Sichtschutz 23 auf der Bedrohungsseite der Panzerungselemente 2 der Laserpanzerung 1 und deckt diese zu deren Bedrohungsseite zumindest teilweise ab. Die Panzerungselemente 2 befinden sich in einem Zwischenbereich zwischen dem gegenüber dem Objekt 10 fest stehend angeordneten Sichtschutz 23 und dem Objekt 10. Es ergibt sich eine Art Spalt, in welchem die Panzerungselemente 2 bewegt werden können. Zweck des Sichtschutzes 23 ist es, die Bewegungen der Panzerungselemente 2 für den Angreifer unsichtbar zu machen.

[0077] Gemäß der Ausgestaltung in Fig. 14 ist der Sichtschutz 3 so ausgebildet, dass dieser die Kanten 2.4 der Panzerungselemente 2 derart überdeckt, dass diese im Sichtschatten des Sichtschutzes 23 liegen, vgl. auch die Darstellung in Fig. 2. Die Überdeckung der Kanten 2.4 des Panzerungselements 2 ist dabei derart gewählt,

dass diese selbst bei maximaler Bewegung des Panzerungselements 2 nicht aus dem Sichtschatten des Sichtschutzes 23 heraustreten. Für den Angreifer ist die Bewegung des ansonsten flächigen Panzerungselements 2 daher nicht zu erkennen und es ist jedenfalls nicht ohne weiteres möglich, den Laserstrahl diesen Bewegungen nachzuführen.

[0078] Eine alternative Ausgestaltung des Sichtschutzes 23 ist in Fig. 15 dargestellt. Während der Sichtschutz 23 in den Fig. 13 und 14 jeweils nur die Kanten des Panzerungselements 2 überdeckt und ansonsten Öffnungen zum Durchtritt der Laserstrahlung aufweist, überdeckt der Sichtschutz 23 gemäß Fig. 15 die Panzerungselemente 2 vollflächig. Die Panzerungselemente 2 sind bei dieser Anordnung kachelartig über das Objekt verteilt angeordnet und liegen vollständig im Sichtschatten des Sichtschutzes 23. Der Sichtschutz 23 ist bei dieser Ausgestaltung in einem schmalbandigen Wellenlängenbereich, beispielsweise im Wellenlängenbereich von 1064 nm optisch transparent gehalten. Der optisch transparente Wellenlängenbereich ist an die Wellenlänge der erwarteten Laserwaffe angepasst, in Fortführung des obigen Wellenlängenbeispiels an einen Nd:YAG-Laser. Der hierdurch erreichte Effekt ist der folgende:

[0079] Da der Sichtschutz 23 für den auftreffenden Laserstrahl optisch transparent ist, tritt dieser quasi ungehindert durch den Sichtschutz 23 hindurch und trifft auf das Panzerungselement 2, welches sich gegenüber dem Objekt 10 bewegt. Die Bewegungen des Panzerungselements 2 sind für den Angreifer jedoch nicht sichtbar, da die Wellenlänge der Laserstrahlung häufig außerhalb des für das menschliche Auge sichtbaren Bereichs liegt oder aufgrund der Schmalbandigkeit der optischen Transparenz des Sichtschutzes 23 für den Angreifer zumindest nur schwer zu erkennen. Dem Angreifer bietet sich daher ein Bild, bei welchem der Laserstrahl quasi in dem Sichtschutz 23 verschwindet ohne hier eine nennenswerte Wirkung hervorzurufen. Denn selbst bei Zerstörung eines der Panzerungselemente 2 wäre dies aufgrund des Sichtschutzes 23 für den Angreifer 2 nicht erkennbar.

[0080] Eine im Hinblick auf deren Schutzwirkung verbesserte Ausgestaltung zeigt schließlich die Darstellung in Fig. 18. Bei dieser sind die Panzerungselemente 2 in mehreren Lagen L_1 , L_2 angeordnet, wodurch sich eine redundante Anordnung derart ergibt, dass bei Ausfall eines der Panzerungselemente 2 einer äußeren Lage L_2 die Laserstrahlung in einem nächsten Schritt auf eine weiter Innen liegende Lage L_1 trifft. Die Bewegungen der Panzerungselemente 2 sind in den Lagen L_1 , L_2 vorteilhafter Weise unterschiedlich ausgerichtet.

[0081] Die Panzerungselemente 2 können aus Panzerstahl bestehen und nach Art ballistisch wirksamer Panzerungsplatten ausgebildet sein. Alternativ kann es sich bei den Schutzplatten auch um Verbundpanzerplatten handeln, bei welchen eine Vielzahl ballistisch wirksamer Wirkkörper beispielsweise aus einem Keramikmaterial in ein Matrixmaterial eingebettet ist. Alternativ

oder zusätzlich kann ferner eine Ausgestaltung mit mehreren optischen Wirkkörpern 13, 14, 15 vorgesehen sein.

Bezugszeichen:

[0082]

1	Laserpanzerung
2	Panzerungselement
2.1	Auslass
2.2	Einlass
2.3	Aufnahme
2.4	Kante
3	Kühlsystem
4	Kühlkreislauf
5	Sprühvorrichtung
6	Kammer
7	Opferplatte
8	Kältemittelkreis
9	Abwärmekreis
10	Objekt
11	Kühlfluid
12	Fläche
13	optischer Wirkkörper, Reflexionskörper
13.1	Oberfläche
14	optischer Wirkkörper, Brechungskörper
15	optischer Wirkkörper, Beugungskörper
15.1	Beugungsspalt
23	Sichtschutz
24	Feder
q_{ab}	Abwärme
P	Pumpe
R_1	Richtung
R_2	Richtung
L_1	Lage
L_2	Lage
M	Antrieb
S	Sensorik

Patentansprüche

1. Laserpanzerung zum Schutz eines Objekts (10) vor Laserwaffen mit einem Panzerungselement (2),

gekennzeichnet durch

ein Kühlsystem (3) zum Ableiten von durch die Laserwaffen in das Panzerungselement (2) eingebrachter Wärme und eine die Laserstrahlung erkennende Sensorik mit lichtempfindlichen Sensoren zur Aktivierung des Kühlsystems (3).

2. Laserpanzerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlsystem (3) ein Kühlfluid (11) aufweist.
3. Laserpanzerung nach Anspruch 2, dadurch ge-

kennzeichnet, dass das Kühlfluid (11) aus einem Reservoir kommend durch das Panzerungselement (2) geführt ist.

4. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das über die Laserstrahlung erwärmte Kühlfluid (11) aus einem im unteren Bereich des Panzerungselements (2) vorgesehenen Auslass (2.1) geführt ist und dass Kühlfluid (11) geringer Temperatur über einen im oberen Bereich des Panzerungselements (2) vorgesehenen Einlass (2.2) geführt ist.
5. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlfluid (11) über eine Sprühvorrichtung (5) auf das Panzerungselement (2) aufgebracht wird.
6. Laserpanzerung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sprühvorrichtung (5) an der Bedrohungsseite des Panzerungselements (2), im Inneren des Panzerungselements (2) oder an der Objektseite des Panzerungselements (2) angeordnet ist.
7. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Panzerungselement (2) eine Kammer (6) aufweist, in welcher das Kühlfluid (11) umgewälzt wird.
8. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Panzerungselement (2) mehrere strömungsverbundene Kammern (6) aufweist, in welchen das Kühlfluid (11) umgewälzt wird.
9. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Bedrohungsseite des Panzerungselements (2) eine mit Kühlfluid (11) befüllte Opferplatte (7) angeordnet ist.
10. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Panzerungselement (2) mehrere miteinander verbindbare Kammern (6) aufweist, wobei sich in jeder Kammer (6) eine Komponente eines Mehrkomponentenfluids befindet, das nach Mischen infolge einer chemischen Reaktion eine Kühlwirkung erzeugt.
11. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Panzerungselemente (2) vorgesehen sind.
12. Laserpanzerung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Panzerungselemente (2) mit separaten Kühlsystemen (3) versehen ist oder dass mehrere Panzerungselemente (2) über ein ge-

meinsames Kühlsystem (3) verfügen.

13. Laserpanzerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlsystem (3) ein elektrisches Kühlmittel, insbesondere ein Peltier-Element aufweist.

14. Verfahren zum Schutz eines Objekts (10) vor Laserwaffen mit einer ein Panzerungselement (2) aufweisenden Laserpanzerung (1),

dadurch gekennzeichnet,

dass die über die Laserwaffen in das Panzerungselement (2) eingebrachte Wärme über ein Kühlsystem (3) abgeleitet und das Kühlsystem (3) über eine die Laserstrahlung erkennende Sensorik mit lichtempfindlichen Sensoren aktiviert wird.

15. Fahrzeug, insbesondere militärisches Fahrzeug, **gekennzeichnet durch** eine Laserpanzerung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 1344.

25 Claims

1. Armour against laser radiation for protecting an object (10) against laser weapons, having an armour element (2),

characterized by

a cooling system (3) for dissipating heat introduced into the armour element (2) by the laser weapons, and a sensor system with light-sensitive sensors which detects the laser radiation and serves for activating the cooling system (3).

2. Armour against laser radiation according to Claim 1, **characterized in that** the cooling system (3) has a cooling fluid (11).

3. Armour against laser radiation according to Claim 2, **characterized in that** the cooling fluid (11), coming from a reservoir, is conducted through the armour element (2).

4. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling fluid (11) heated via the laser radiation is conducted out of an outlet (2.1) provided in the lower region of the armour element (2), and **in that** cooling fluid (11) of lower temperature is conducted via an inlet (2.2) provided in the upper region of the armour element (2).

5. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling fluid (11) is applied to the armour element

(2) via a spray device (5).

6. Armour against laser radiation according to Claim 5, **characterized in that** the spray device (5) is arranged on the threat side of the armour element (2), in the interior of the armour element (2) or on the object side of the armour element (2).
7. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the armour element (2) has a chamber (6) in which the cooling fluid (11) is circulated.
8. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the armour element (2) has multiple flow-connected chambers (6) in which the cooling fluid (11) is circulated.
9. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** a sacrificial plate (7) filled with cooling fluid (11) is arranged on the threat side of the armour element (2).
10. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the armour element (2) has multiple chambers (6) which are able to be connected to one another, wherein situated in each chamber (6) is one component of a multi-component fluid which, after mixing, generates a cooling effect as a result of a chemical reaction.
11. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** multiple armour elements (2) are provided.
12. Armour against laser radiation according to Claim 11, **characterized in that** the armour elements (2) are provided with separated cooling systems (3), or **in that** multiple armour elements (2) have a common cooling system (3).
13. Armour against laser radiation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling system (3) has an electrical cooling means, in particular a Peltier element.
14. Method for protecting an object (10) against laser weapons, having armour against laser radiation (1) having an armour element (2),

characterized in that the heat introduced into the armour element (2) via the laser weapons is dissipated via a cooling system (3), and the cooling system (3) is activated via a sensor system with light-sensitive sensors which detects the laser radiation.
15. Vehicle, in particular military vehicle, **characterized**

by armour against laser radiation (1) according to one of claims 1 to 13.

5 Revendications

1. Blindage anti-laser pour la protection d'un objet (10) contre des armes laser avec un élément de blindage (2), **caractérisé par** un système de refroidissement (3) pour évacuer de la chaleur introduite dans l'élément de blindage (2) par les armes laser et des capteurs avec des senseurs sensibles à la lumière identifiant le rayonnement laser pour l'activation du système de refroidissement (3).
2. Blindage anti-laser selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système de refroidissement (3) présente un fluide de refroidissement (11).
3. Blindage anti-laser selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le fluide de refroidissement (11) venant d'un réservoir est conduit à travers l'élément de blindage (2).
4. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le fluide de refroidissement (11) échauffé par le rayonnement laser est conduit hors d'une sortie (2.1) prévue dans la région inférieure de l'élément de blindage (2) et **en ce que** du fluide de refroidissement (11) à basse température est conduit par une entrée (2.2) prévue dans la région supérieure de l'élément de blindage (2).
5. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le fluide de refroidissement (11) est appliqué sur l'élément de blindage (2) par un dispositif de pulvérisation (5).
6. Blindage anti-laser selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation (5) est disposé sur le côté exposé à la menace de l'élément de blindage (2), à l'intérieur de l'élément de blindage (2) ou sur le côté objet de l'élément de blindage (2).
7. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de blindage (2) présente une chambre (6), dans laquelle le fluide de refroidissement (11) est mis en recirculation.
8. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de blindage (2) présente plusieurs chambres (6) qui communiquent en écoulement, dans lesquelles le fluide de refroidissement (11) est mis en recirculation.

9. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** plaque sacrificielle (7) remplie de fluide de refroidissement (11) est disposée sur le côté exposé à la menace de l'élément de blindage (2). 5
10. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de blindage (2) présente plusieurs chambres (6) pouvant être reliées entre elles, dans lequel il se trouve dans chaque chambre (6) un composant d'un fluide à plusieurs composants, qui produit après mélange un effet de refroidissement suite à une réaction chimique. 10
15
11. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu plusieurs éléments de blindage (2). 20
12. Blindage anti-laser selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** les éléments de blindage (2) sont dotés de systèmes de refroidissement séparés (3), ou **en ce que** plusieurs éléments de blindage (2) disposent d'un système de refroidissement commun (3). 25
13. Blindage anti-laser selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système de refroidissement présente un moyen de refroidissement électrique, en particulier un élément Peltier. 30
14. Procédé de protection d'un objet (10) contre des armes laser avec un blindage anti-laser (1) présentant un élément de blindage (2), **caractérisé en ce que** l'on évacue la chaleur introduite dans l'élément de blindage (2) par les armes laser au moyen d'un système de refroidissement (3) et on active le système de refroidissement (3) par des capteurs avec des senseurs sensibles à la lumière identifiant le rayonnement laser. 35
40
15. Véhicule, en particulier véhicule militaire, **caractérisé par** un blindage anti-laser (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13. 45

50

55

Fig. 1

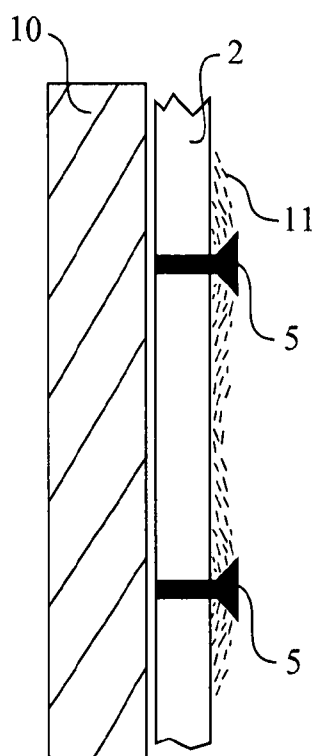
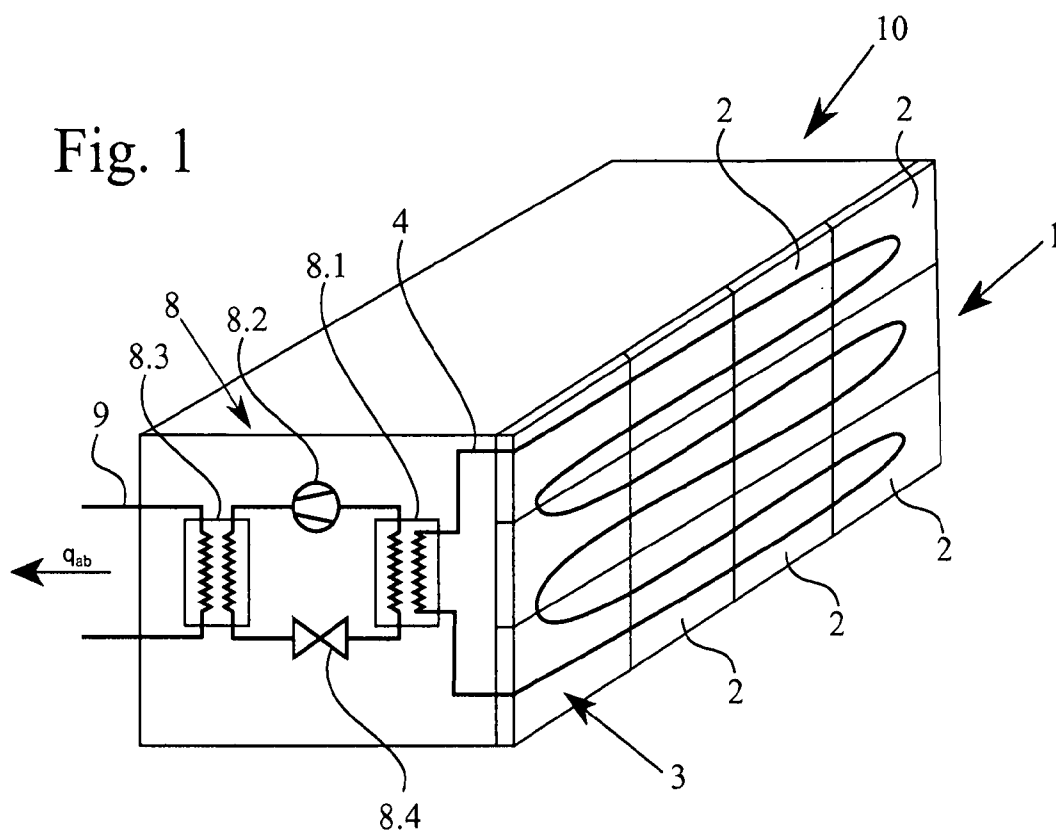


Fig. 2

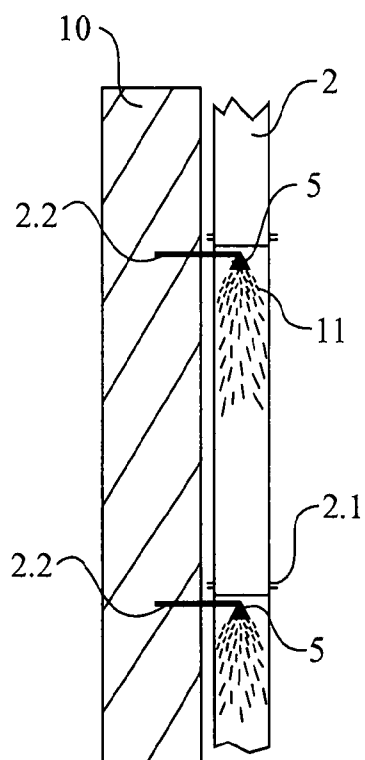


Fig. 3

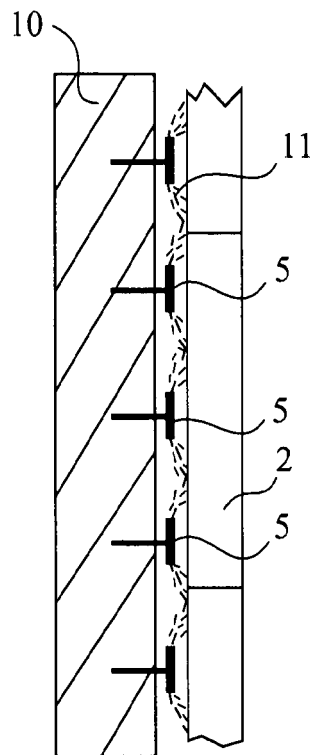


Fig. 4

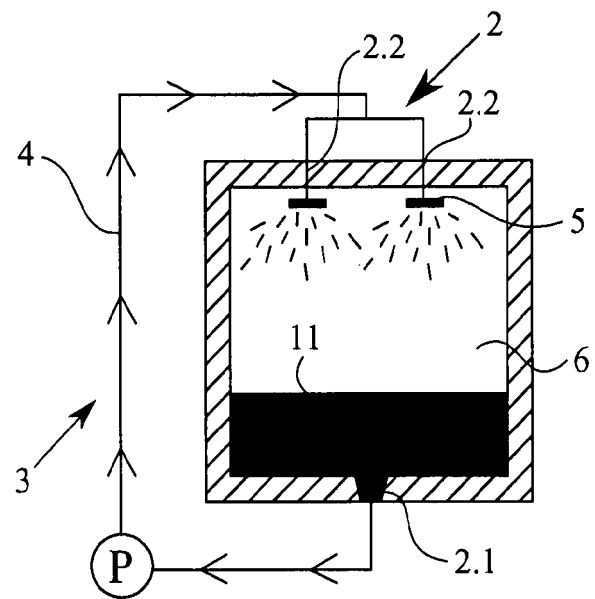


Fig. 5

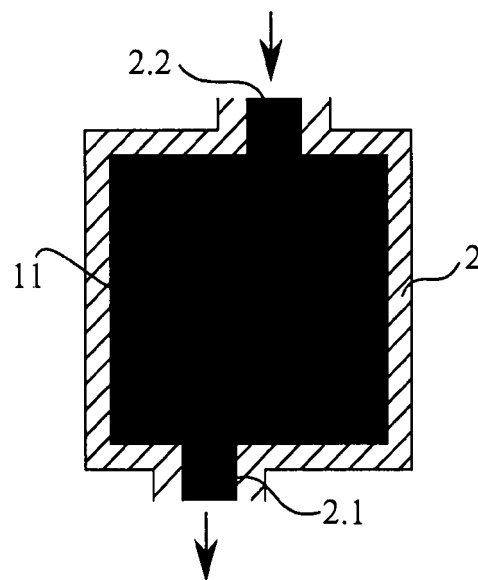


Fig. 6

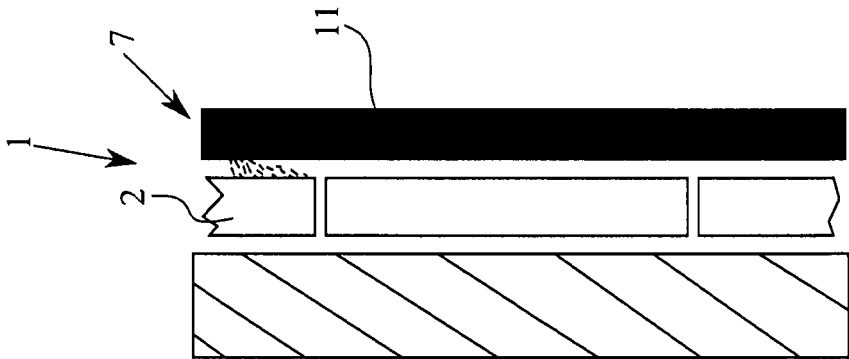


Fig. 8

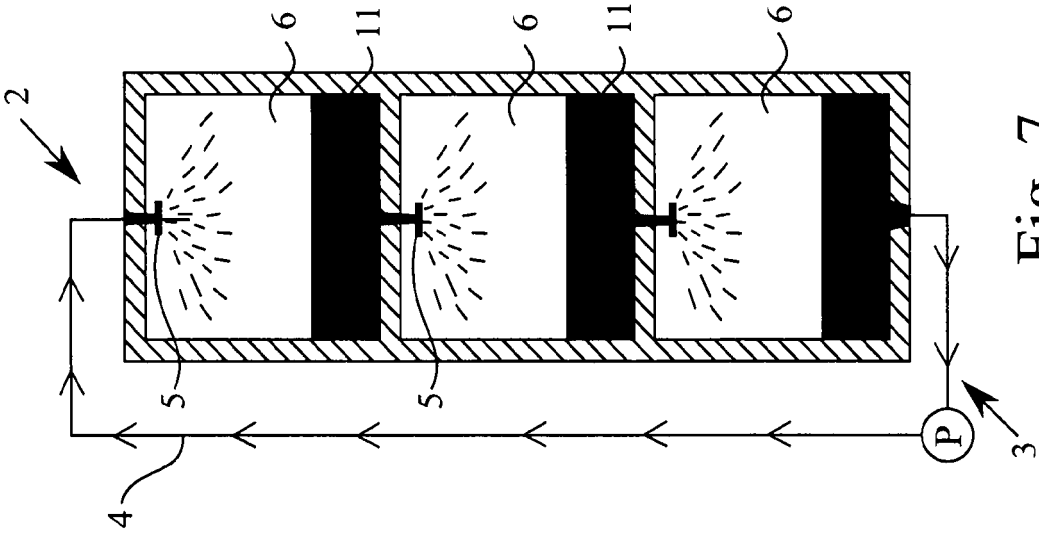


Fig. 7

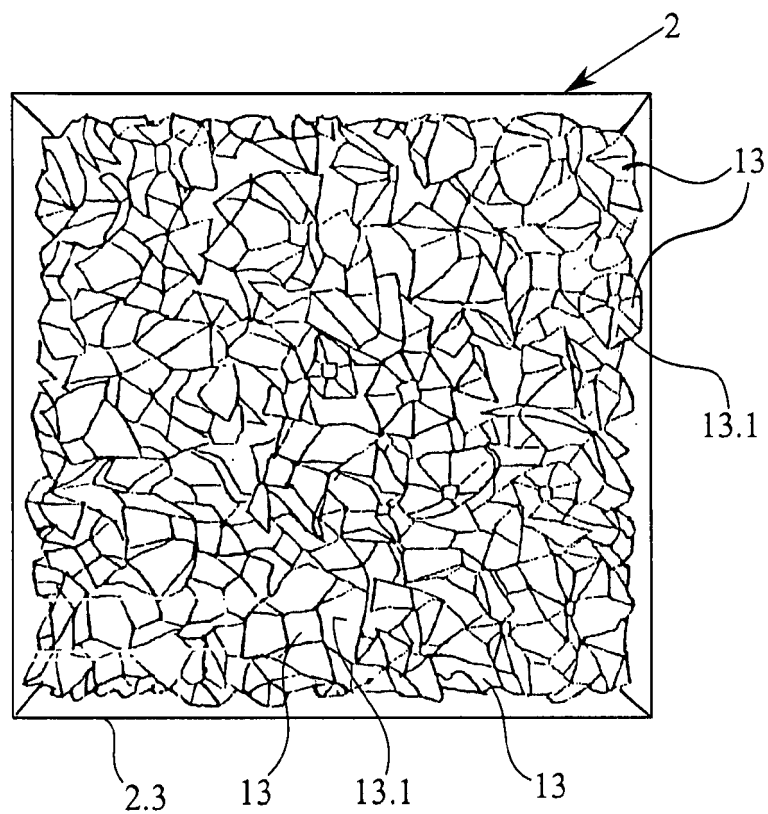


Fig. 9

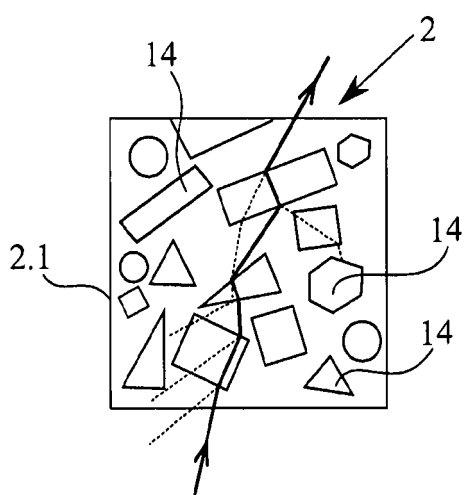


Fig. 10

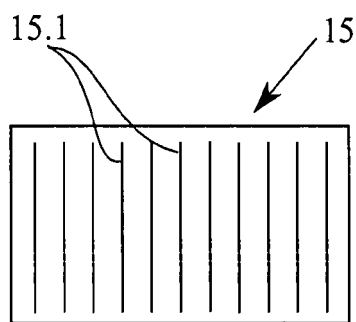


Fig. 11

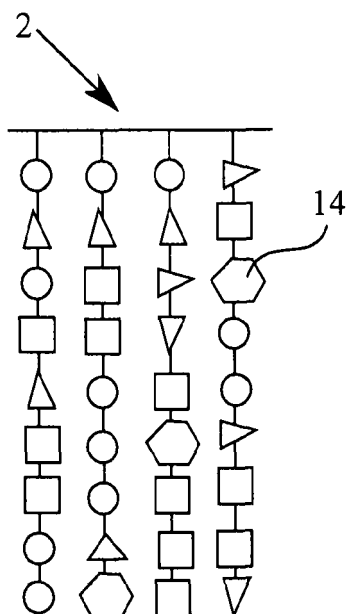


Fig. 12

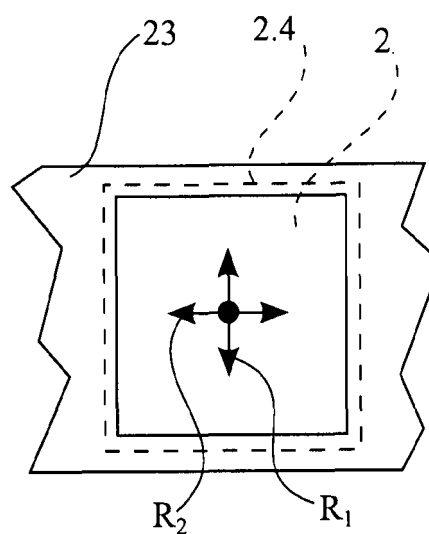


Fig. 13

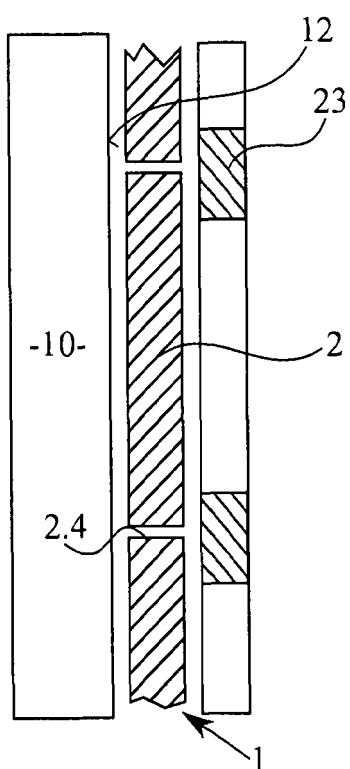


Fig. 14

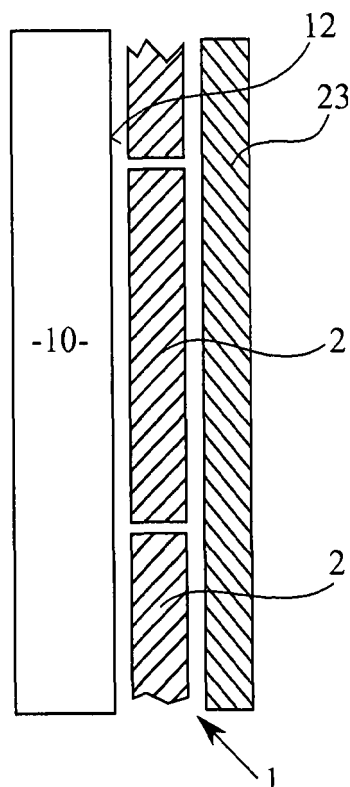


Fig. 15

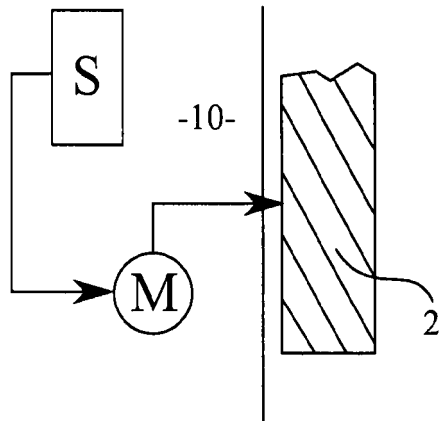


Fig. 16

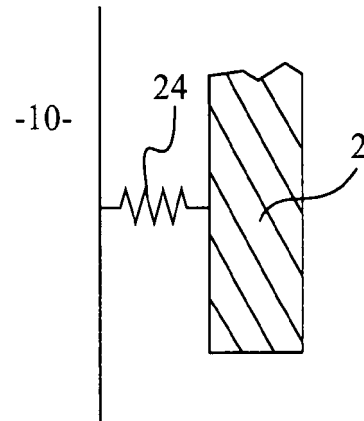


Fig. 17

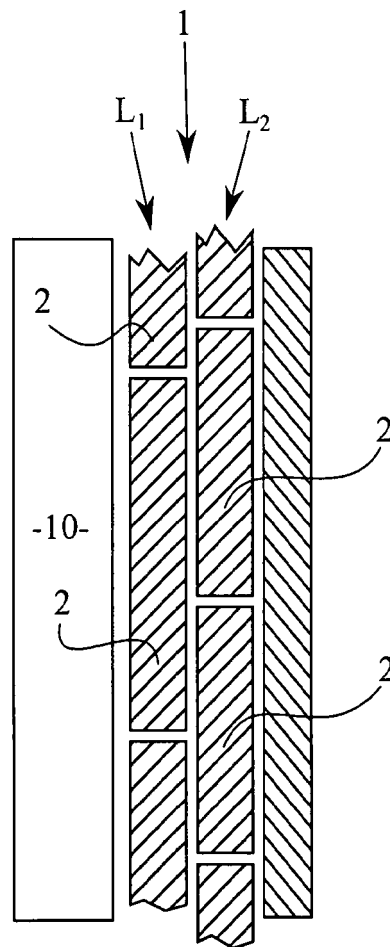


Fig. 18

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009040661 A1 [0002]