

(19)



(11)

**EP 2 500 683 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**19.09.2012 Patentblatt 2012/38**

(51) Int Cl.:  
**F41H 5/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **12001709.0**

(22) Anmeldetag: **13.03.2012**

(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**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **CeramTec-Etec GmbH  
53797 Lohmar (DE)**

(72) Erfinder: **Schnetter, Lars  
53518 Wimbach (DE)**

(30) Priorität: **16.03.2011 DE 102011014100**

(54) **Transparentes Ballistik-Schutzsystem**

(57) Es wird ein transparentes Ballistik-Schutzsystem mit mindestens einem Bauteil aus einer polykristallinen Keramik oder aus einem Einkristall und mit einem das mindestens eine Bauteil zumindest partiell bedeckenden Matrixmaterial beschrieben, wobei das mindestens eine, vorzugsweise nicht nachbearbeitete, Bauteil einen optischen Brechungsindex  $n_B$  und das Matrixmaterial einen daran angepaßten optischen Brechungsindex

$n_M$  aufweist, mit

$$n_B = a \cdot n_M,$$

mit  $1,1 \geq a \geq 0,9$ ,

so dass das Schutzsystem bei einer Wellenlänge von 300 nm, 500 nm, 700 nm, 1000 nm, 2000 nm oder 4000 nm eine RIT (Real-Inline-Transmission) von >10% aufweist.

**EP 2 500 683 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein transparentes Ballistik-Schutzsystem, um bspw. Fahrzeuge, insbesondere Militärfahrzeuge - aber auch Zivilfahrzeuge - vor einem Beschuss zu schützen. Zu diesem Zwecke werden die Fenster der Fahrzeuge, wie die Seitenscheiben, die Frontscheibe o.dgl. bislang mit Panzerglas ausgestattet. Panzerglas besitzt jedoch eine relativ geringe ballistische Effizienz insbesondere gegenüber Hartkernmunition, so dass die Fensterbereiche die Schwachstellen des jeweiligen Fahrzeugs bilden. Um einen ausreichenden Schutz zu gewährleisten, sind folglich große Gewichte notwendig.

**[0002]** Eine Gewichtsreduktion stellt beim Ballistischen Schutz stets das Hauptentwicklungsziel dar, d.h. bei gleicher ballistischer Leistung soll das jeweilige Schutzsystem ein kleineres Gewicht besitzen und dünner sein, um nicht zu viel Einbautiefe zu verlieren. Dieses Ziel wird im Prinzip durch transparente Keramik erreicht, die im Vergleich zu Panzerglas ein wesentlich besseres Schutzverhalten besitzt.

**[0003]** Aus diesem Grunde wurde bereits früh nach Alternativen zum Panzerglas gesucht. Diese Alternativen wurden im Wesentlichen im Spinell ( $MgAl_2O_4$ ) und im AlON - und mit weiteren Einschränkungen im Saphir - gefunden.

**[0004]** Nach der Herstellung der Gegenstände aus diesen Materialien werden die Gegenstände auf optische Güte poliert. Durch das Polieren entstehen größenordnungsmäßig 50% der gesamten Herstellungskosten. Daraus folgt, dass der aus transparenter Keramik hergestellte, polierte Gegenstand ein Vielfaches eines entsprechenden Panzerglases kostet. Trotz der deutlich besseren Eigenschaften von Gegenständen aus transparenter Keramik oder aus Einkristallen, haben diese es bislang aus Kostengründen nicht geschafft, sich entscheidend im Markt zu platzieren; sie werden nur für Anschauungsmuster verwendet.

**[0005]** Hinzu kommen Schwierigkeiten, die es kaum möglich machen, komplexere dreidimensionale Formen transparenter Gegenstände aus transparenter Keramik herzustellen. Aus diesem Grunde ist der Schutz von Zivilfahrzeugen, von Helikoptern u.s.w, die gekrümmte Scheiben aufweisen, durch die bekannten transparenten Keramiken nahezu unmöglich.

**[0006]** Beispielsweise offenbart die DE 10 2007 059 091 A1 ein Verfahren zur Herstellung einer polykristallinen transparenten Keramik, die für Licht einer Wellenlänge zwischen 600 nm und 650 nm eine RIT (=Real Inline Transmission) von > 40% des theoretischen Maximalwertes aufweist, wobei ein Keramikgranulat durch zyklisches Pressen auf eine Gründichte von > 40% der theoretischen Dichte (=TD) verdichtet wird. Anschließend erfolgt eine Vorsinterung und ein Sinterhippen oder ein konventionelles Sintern bis zum Auftreten einer geschlossenen Porosität und ein Nachhippen des zyklisch gepressten Grünkörpers, so dass die hergestellte trans-

parente Keramik eine Dichte von  $\geq 99,8\%$  TD besitzt.

**[0007]** Die DE 10 2008 037 037 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer transparenten polykristallinen Keramik, wobei eine Mischung aus Keramikpulver in einer FAST-Pressen (=Field Assistent Sintering Technologie) in einem einzigen Presszyklus pressgeformt und gesintert wird, wobei an eine Pressmatrize und an einen Pressstempel der FAST-Pressen während des Presszyklus eine ungepulste Gleichspannung angelegt wird, und wobei der Presszyklus in aufeinander folgenden Temperaturabschnitten mit unterschiedlichen Aufheizraten durchgeführt wird. Die so hergestellte Sinterkeramik wird abschließend poliert, so dass sich ein RIT-Wert von  $\geq 70\%$  des theoretischen Maximalwertes ergibt.

**[0008]** Die DE 10 2008 063 926 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer transparenten Keramik, wobei ein Keramikpulver in einer Presse in einem einzigen Presszyklus zwischen zwei Presselementen der Presse pressgeformt und gesintert wird. Die Presselemente werden während des Pressformens und Sinterns des Keramikpulvers gleichmäßig beheizt. Die solchermaßen hergestellten Keramikgegenstände werden dann poliert.

**[0009]** Wie bereits weiter oben ausgeführt worden ist, resultieren aus dem abschließenden Polieren üblicherweise mindestens 50 % der gesamten Herstellungskosten einer transparenten Keramik.

**[0010]** Außerdem kann es wünschenswert sein, dreidimensionale Körper in ein ballistisches Schutzsystem einzubauen. Bei den dreidimensionalen Körpern handelt es sich bspw. um zylindrische Körper, die vorteilhafte ballistische Eigenschaften mit sich bringen. Die WO 00/47944 A1 offenbart ein ballistisches Schutzpaneel, das ein flächiges Trägerelement und eine Vielzahl zylindrischer Körper aufweist. Die zylindrischen Körper bestehen aus einem Material hoher Dichte. Jeder zylindrische Körper ist mit zwei ebenen Stirn- d.h. Endflächen ausgebildet, die zur Längsachse des zylindrischen Körpers senkrecht orientiert sind. Die zylindrischen Körper besitzen jeweils den gleichen Durchmesser und die gleiche axiale Länge. Sie sind mit ihren Stirnflächen am flächigen Trägerelement angebracht.

**[0011]** Aus der US 3 684 631 ist ein Ballistik-Schutzsystem bekannt, das kleine Glasplättchen aufweist, die in ein Matrixmaterial eingebettet sind. Die Glasplättchen sind in voneinander beabstandeten Lagen angeordnet, und weisen spezielle Gestalten auf. Zumindest in drei dieser Lagen sind die Plättchen doppelkegelförmig ausgebildet, wobei die Spitzen der Plättchen in der ersten und in der dritten Schicht miteinander fluchten. Das Verhältnis von Durchmesser zu Dicke der Plättchen liegt im Bereich von 1:1 bis 20:1. Das Matrixmaterial besteht aus einem transparenten aushärtenden Polymer, wie einem Epoxyd oder einem Polyester, einem Urethan oder einem thermoplastischen Polymer wie einem Polymethylacrylat o.dgl. Das Matrixmaterial füllt den gesamten Raum zwischen den geformten Plättchen vollständig aus.

**[0012]** Ein Ballistik-Schutzsystem zum Schutz gegen

Projektile, das eine Vielzahl von Plättchen aufweist, die in einem Matrixmaterial vorgesehen sind, ist bspw. auch aus der US 2006/0249012 A1 bekannt. Die Plättchen weisen ein erstes Material und das Matrixmaterial, das die Plättchen umschließt, ein vom ersten Material verschiedenes zweites Material auf. Das erste Material und das zweite Material können optisch transparent sein.

**[0013]** Konventionelle transparente Schutzsysteme bestehen bspw. aus unterschiedlichen Lagen verschiedener Gläser, Folien zum Verbinden der Lagen miteinander, sowie gegebenenfalls aus geeigneten Kunststoffen. Werden hierbei transparente Keramiken bzw. Einkristalle verwendet, so bilden diese eine der Schichten innerhalb des Schutzsystems.

**[0014]** Es hat sich gezeigt, dass durch die Verwendung von Einkristallen, wie Saphir, bis zu 30 Ma-% und durch Keramik bis zu 50 Ma-% eingespart werden können (Straßburger E., "Ballistic testing of transparent armour ceramics", J. E. Cer., S. 7, (2008)). Solche transparente Keramiken oder Einkristalle sind im Vergleich mit konventionellem Panzerglases - wie bereits oben beschrieben worden ist - durch die Nachbearbeitung mit hohen Kosten verbunden, die das 5 bis 10 fache konventionellen Panzerglases betragen können, weshalb diese Systeme bislang kaum zum Einsatz gelangen.

**[0015]** In Kenntnis dieser Gegebenheiten liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein transparentes Ballistik-Schutzsystem zu schaffen, das bei ausgezeichneten Schutzeigenschaften einfach und preisgünstig realisierbar ist.

**[0016]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Bevorzugte Aus- bzw. Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Systems sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

**[0017]** Erfindungsgemäß ist es einfach und preisgünstig möglich, ein transparentes Ballistik-Schutzsystem zu schaffen, das mindestens ein Bauteil aus einem Einkristall oder aus einer polykristallinen Keramik aufweist und eine RIT >10% besitzt, wobei es in besonders vorteilhafter Weise nicht zwangsläufig erforderlich ist, die Einkristalle oder die Keramik zu polieren, so dass die aus einem solchen Poliervorgang resultierenden Herstellungskosten eliminiert sind. Im Idealfall kann auch ein vor dem Polieren durchzuführender Schleifvorgang entfallen und das mindestens eine Bauteil aus Keramik oder Einkristall unmittelbar nach seiner Herstellung verwendet, d.h. mit dem Matrixmaterial kombiniert werden. Dadurch, dass das Matrixmaterial zumindest annähernd den gleichen Brechungsindex bzw. den gleichen Brechungsindex wie das mindestens eine Bauteil aufweist, wird in vorteilhafter Weise jeder optische Fehler der Oberfläche des mindestens einen Bauteils ausgeglichen, so dass bspw. eine schlechte Polier-Qualität akzeptiert werden kann, bzw. das mindestens eine Bauteil nicht geschliffen und poliert zu werden braucht.

**[0018]** Erfindungsgemäß sind auch zwei- oder dreidimensional gekrümmte, transparente Ballistik-Schutzsysteme - trotz der Verwendung ebenflächiger Bauteile -

realisierbar, so dass eine optimierte Panzerung, basierend auf Einkristallen oder Keramiken, auch bei konventionellen Fahrzeugen, Helikoptern u.s.w. möglich ist. Die Erfindung ermöglicht die Realisierung beliebig komplexer Ausbildungen des transparenten Ballistik-Schutzsystems ohne Beeinträchtigung der gewünschten Transparenz.

**[0019]** Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass durch das Einbetten von Keramiken oder Einkristallen, die auch unpoliert bzw. ggf. nicht nur unpoliert sondern auch ungeschliffen sein können, in ein Matrixmaterial, dessen Brechungsindex dem Brechungsindex der Keramik oder des Einkristalls mindestens annähernd, d.h. in einem Bereich von  $\pm 10\%$  entspricht, ein transparentes Ballistik-Schutzsystem realisiert werden kann, das auf eine preisgünstige Art und Weise auch eine komplexe Geometrie des Schutzsystems ermöglicht. Bei dem Matrixmaterial kann es sich um eine organische oder anorganische Matrixkomponente wie bspw. anorganische Kleber, Polymere o.dgl. handeln. Theoretisch kann es sich bei dem Matrixmaterial auch um eine Flüssigkeit handeln. In diesem Fall ist selbstverständlich eine geeignete Abdichtung für das flüssige Matrixmaterial erforderlich.

**[0020]** Das transparente Ballistik-Schutzsystem kann auch mit weiteren Schutzelementen, wie transparenten Kunststoffen, Glasscheiben, Glaskeramik u.s.w. kombiniert sein.

**[0021]** Das erfindungsgemäße transparente Ballistik-Schutzsystem erlaubt in vorteilhafter Weise auch den Einsatz komplexer Bauteile. Des Weiteren erlaubt es eine verbesserte Transparenz des Systems und insbesondere durch die vergleichsweise geringen Herstellungskosten durch den Wegfall des Poliervorgangs und der daraus resultierenden Kostenersparnis von größenordnungsmäßig 50% erstmals den Einsatz von transparenter Keramik oder von Einkristallen in großem Maßstab.

**[0022]** Diese Vorteile basieren darauf, dass durch die Verwendung der im Bedarfsfall wunschgemäß gestalteten Matrixmaterialien mit an den Brechungsindex des Materials des mindestens einen Bauteils angepasstem Brechungsindex die optischen Grenzen zu dem mindestens einen Bauteil aus polykristallinem Keramikmaterial oder aus Einkristall verschwinden und nur noch das Matrixmaterial selbst die Grenze zur Umgebung darstellt, an der es zu einer Reflexion und/oder Brechung kommen kann. In Kombination beispielsweise mit Glas- oder anderen Scheiben ist dann in einem entsprechenden Verbund nur noch die äußerste Lage relevant.

**[0023]** Der weiteren Verdeutlichung der Erfindung dienen die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele, wobei es sich versteht, dass die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt sondern durch die anschließenden Ansprüche definiert ist.

55

Beispiel 1:

**[0024]** Eine ein Bauteil des Schutzsystems bildende

ungeschliffene Keramik-kachel mit den Abmessungen 90 mm x 90 mm x 5 mm wird an einer Hälfte seiner Flächen-abmessungen beidseitig mit einem dünnen Film eines Matrixmaterials mit angepasstem Brechungsindex be-deckt. Darüber werden dünne Glaskacheln mit den Ab-messungen 10 mm x 10 mm x 0,1 mm angebracht. Der mit dem Matrixmaterial bedeckte Flächenbereich der großen ungeschliffenen und folglich opaken Keramikka-chel wird durch das Matrixmaterial transparent, während der verbleibende Flächenbereich infolge der ungeschlif-fenen Oberfläche opak bleibt.

**[0025]** Es wird also eine deutliche Verbesserung der Transparenz des Ballistik-Schutzsystem auf eine sehr wirtschaftliche Weise realisiert. Dies gelingt durch das Einbetten mindestens eines - vorzugsweise nicht oder nicht perfekt polierten - Bauteils aus Keramik oder Ein-kristallen in das Matrixmaterial, die mindestens annäh-ernd den gleichen (höchstens  $\pm 10\%$  Abweichung von-einander) oder vorzugsweise den gleichen Brechungs-inde-x besitzen. Dadurch wird jeglicher optischer Fehler, der auf der Oberfläche des mindestens einen Bauteils vorhanden ist, ausgeglichen, so dass in vorteilhafter Wei-se bspw. auch eine schlechtere Politur des mindestens einen Bauteils akzeptiert werden kann. D.h. das Kera-mikmaterial des mindestens einen Bauteils muss nicht mehr fein geschliffen und poliert werden; es kann im Ide-alfall sogar "as fired", d.h. direkt und unmittelbar nach der Sinterung, eingesetzt werden, so dass der größte Kostenanteil bei der Herstellung einer transparenten Kera-mik, d.h. das optische Polieren, entfällt. Zudem erlaubt die Erfindung die Herstellung dreidimensionaler opti-scher Schutzsysteme sowie die Verbesserung des bal-listischen Schutzes durch Einlagerung beliebig geform-ter Keramikelemente in das daran bezüglich des Bre-chungsindex angepasste Matrixmaterial.

**[0026]** Dreidimensionale Ausbildungen des erfin-dungsgemäßen Ballistik-Schutzsystems werden da-durch möglich, dass durch das Matrixmaterial, bei dem es sich bspw. um einen geeigneten Kunststoff handelt, sehr einfach zu verarbeiten ist, d.h. die jeweils ge-wünschte komplexe Form hergestellt werden kann und dass kleinvolumige Bauteile aus polykristalliner Keramik oder aus Einkristall als Einlagerungswerkstoff verwendet werden. Auf diese Weise kann auch bei dreidimensiona-len Schutzsystemen eine deutlich verbesserte ballisti-sche Leistungsfähigkeit garantiert werden.

**[0027]** Die Entwicklung noch leistungsfähigerer Balli-stik-Schutzsysteme ist dadurch möglich, dass besonde-re, für die ballistische Wirkung günstige Formen der Bau-teile, wie bspw. Zylinder, Riegel, o.dgl. in das Matrixma-terial eingelagert werden.

**[0028]** Im Vergleich zu einer solchen Einlagerung der Bauteile in eine entsprechende Quantität des Matrixma-terials ist es selbstverständlich auch möglich, dass der Anteil bzw. die Dicke des Matrixmaterials nahezu vernachlässigbar klein ist. Im Extremfall liegt bspw. nur eine flache Lage von Keramik-kacheln vor, die vom Matrixma-terial umschlossen, d.h. umgeben sind, wobei die

Schichtdicke des Matrixmaterials nur einige  $\mu\text{m}$  betragen kann. Auf diese Weise ist im Extremfall ein Volumenver-hältnis von Matrixmaterial zu eingelagerten Bauteilen von cirka  $<1:10^7$  möglich. Auch eine solche geringe Schichtdicke des Matrixmaterials kann ausreichend sein, um die gewünschte Perfektionierung der Transparenz von Keramik-kacheln zu ermöglichen- selbst wenn diese nicht poliert sind.

**[0029]** Erfindungsgemäß ist es also auch möglich, ein-zelne kleinere Bauteile wie bspw. dreieckige, viereckige oder sechseckige Plättchen, Kacheln o.dgl. für einen transparenten Aufbau zu verwenden, so dass keine ein-teilige große Scheibe hergestellt werden muss. Das ge-lingt dadurch, dass innerhalb des Aufbaus durch das im Brechungsindex angepasste Matrixmaterial auch das optische Auftreten der Kanten der Kacheln verschwindet. Hierdurch wird also eine kostengünstige Herstellung großflächiger transparenter Ballistik-Schutzsysteme aus kleineren Bauteilen aus polykristalliner Keramik oder aus Einkristall möglich. Auf diese Weise kann der bereits aus dem opaken ballistischen Schutz bekannte Vorteil des "Multi-Kachel-Aufbaus" - wie er bspw. in der WO 2009/011951 A2 offenbart ist- verwendet werden, um z.B. bei einem Beschuss nur eine lokale Zerstörung einer einzelnen Kachel zu bewirken, während die daran an-schließende Umgebung einem weiteren Beschuss standhalten kann.

Beispiel 2:

**[0030]** Herstellung einer transparenten flachen Schutz-scheibe für ein gepanzertes Fahrzeug. Eine Float-glasscheibe bildet eine frontseitige Lage. Dahinter befin-det sich eine Mosaiklage aus Keramik-kacheln aus einer Spinell-Keramik oder aus anderen polykristallinen Kera-miken oder aus Einkristallen. Hinter der Mosaiklage aus Spinell-Keramik befindet sich ein Verbund aus Floatglas-scheiben - oder anderen Gläsern, Kunststoffen, Kerami-ken oder Einkristallen - die miteinander mittels einer transparenten PA-Folie verbunden sind. Die hinterste Lage bildet eine transparente Polyacrylatscheibe.

**[0031]** Die Keramik-kacheln der Mosaiklage sind in ein Matrixmaterial eingelagert, das den gleichen optischen Brechungsindex wie die Spinell-Keramik der Keramikka-cheln besitzt.

**[0032]** Die Schichtdicke des Matrixmaterials beträgt an den voneinander abgewandten Hauptflächen der Kera-mikkacheln aus Spinell- Keramik der Mosaiklage je-weils  $50\mu\text{m}$  und an den einander zugewandten Kanten-flächen der Keramik-kacheln  $20\mu\text{m}$ .

**[0033]** Der solchermaßen hergestellte Aufbau behält auch bei einer Gesamtdicke von 100 mm eine Transpa-renz  $\text{RIT} > 60\%$ , wobei die Schichtdicke der Keramiklage 10 mm beträgt.

Beispiel 3:

**[0034]** Der Schichtenaufbau ist dem Aufbau gemäß

Beispiel 2 ähnlich; jedoch liegen hier innerhalb der Mosaiklage keine quadratischen Kacheln, sondern Zylinder mit einem Durchmesser zu Höhe-Verhältnis von 1:1 vor. Die Zwischenräume zwischen den zylinderförmigen Bauteilen sind mit dem Matrixmaterial gefüllt. Die Dicke der Matrixlage wird durch die Höhe der zylinderförmigen Bauteile plus der Dicke des Matrixmaterials von 50  $\mu\text{m}$  bestimmt. Die Transparenz des solchermaßen hergestellten Ballistik-Schutzsystems beträgt ebenfalls RIT > 60%.

Beispiel 4:

**[0035]** Die Mosaiklage kann ähnlich dem Beispiel 2 mit Keramikacheln oder entsprechend dem Beispiel 3 mit zylindrischen Bauteilen verwirklicht sein, wobei jedoch eine Krümmung des eine Scheibe bildenden Ballistik-Schutzsystems dadurch realisiert ist, dass das Matrixmaterial entsprechend der gewünschten Krümmung der Scheibe geformt wird. Die an die Mosaiklage vorder- und rückseitig anschließenden Lagen, wie Floatglasscheiben und/oder Polyacrylatscheiben sind der Krümmung der Gesamtscheibe entsprechend gekrümmt. Die Transparenz beträgt auch hier RIT > 60%.

#### Patentansprüche

1. Transparentes Ballistik-Schutzsystem, mit mindestens einem Bauteil aus einer polykristallinen Keramik oder aus einem Einkristall, und mit einem das mindestens eine Bauteil zumindest partiell bedeckenden Matrixmaterial, wobei das mindestens eine Bauteil einen optischen Brechungsindex  $n_B$  und das Matrixmaterial einen optischen Brechungsindex  $n_M$  aufweist, mit  $n_B = a \cdot n_M$ , mit  $1,1 \geq a \geq 0,9$ , so dass das Schutzsystem bei einer Wellenlänge von 300 nm oder 500 nm oder 700 nm oder 1000 nm oder 2000 nm oder 4000 nm eine RIT (Real-Inline-Transmission) > 10% aufweist. 30
2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumenverhältnis von Matrixmaterial zu Bauteil  $10^2:1$  bis  $1:10^7$  beträgt. 45
3. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anzahl Bauteile in mindestens einer Lage vorgesehen und in das Matrixmaterial vollständig eingebettet sind. 50
4. System nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauteile aus einem unpolierten oder ungeschliffenen, unpolierten Keramikmaterial oder Einkristall bestehen. 55
5. System nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauteile als Plättchen, Kacheln, Quader oder Zylinder ausgebildet sind. 5
6. System nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Bauteile-Lage mit mindestens einer weiteren transparenten Materiallage zu einem Laminatverbund kombiniert ist. 10
7. System nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Materiallage von einem Glasflächenelement gebildet ist, 15
8. System nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Materiallage von einer Kunststoffolie gebildet ist. 20
9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Matrixmaterial von einem anorganischen Kleber oder von Polymeren gebildet ist. 25

**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 102007059091 A1 [0006]
- DE 102008037037 A1 [0007]
- DE 102008063926 A1 [0008]
- WO 0047944 A1 [0010]
- US 3684631 A [0011]
- US 20060249012 A1 [0012]
- WO 2009011951 A2 [0029]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **STRAßBURGER E.** Ballistic testing of transparent armour ceramics. *J. E. Cer.*, 2008, 7 [0014]