

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 717 188 B1

(51) Int. Cl.: B32B 17/10 (2006.01)
C03C 17/36 (2006.01)
E06B 3/66 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00249/20

(22) Anmeldedatum: 02.03.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.09.2021

(24) Patent erteilt: 30.12.2022

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.12.2022

(73) Inhaber:
ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE
(EPFL), EPFL-TTO EPFL Innovation Park J
1015 Lausanne (CH)

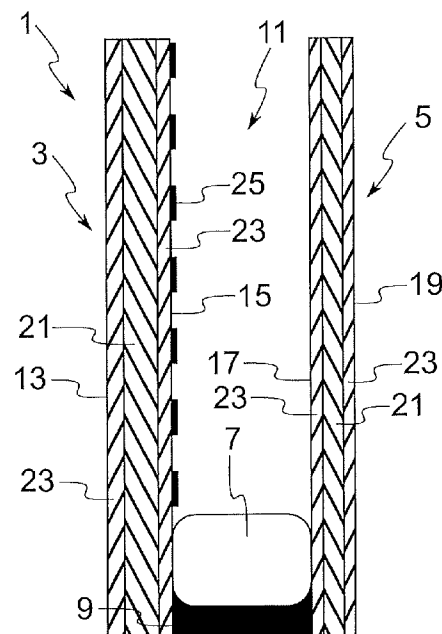
(72) Erfinder:
Andreas Schueler, 1018 Lausanne (CH)
Luc Burnier, 74520 Savigny (CH)
Jérémy Fleury, 1110 Morges (CH)
Nima Jamaly, 3008 Bern (CH)

(74) Vertreter:
LUMI IP GmbH, Rodtmattstrasse 45
3014 Bern (CH)

(54) Verglasungseinheit umfassend Fensterscheiben mit strukturierter Beschichtung.

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Isolierverglasungseinheit (1), die dazu ausgelegt ist, elektromagnetische Strahlung mit geringem Übertragungsverlust zum Empfangen elektromagnetischer Strahlung durchzulassen. Die Isolierverglasungseinheit (1) umfasst: eine erste Fensterscheibe (3), die mindestens eine erste Oberfläche (13) und eine zweite Oberfläche (15) definiert, wobei die erste Fensterscheibe (3) eine erste Polymerschicht (21) und/oder eine erste Glasschicht (23) umfasst; eine zweite Fensterscheibe (5), die mindestens eine dritte Oberfläche (17) und eine vierte Oberfläche (19) definiert, wobei die zweite Scheibe (5) eine zweite Polymerschicht (21) und/oder eine zweite Glasschicht (23) umfasst; und eine strukturierte Beschichtung (25) mit einer thermischen Emissivität von weniger als 20 % auf einer oder mehreren der Oberflächen (13, 15, 17, 19). Die Beschichtung (25) ist in elektrisch leitende, längliche Patches unterteilt, die elektrisch voneinander isoliert sind. Die relative Permittivität von mindestens einer Schicht der ersten Schicht(en) (21, 23) und/oder der zweiten Schicht(en) (21, 23) liegt bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz bei unter 5,5.

Die Isolierverglasungseinheit (1) kann z.B. in Eigubahnwagen oder Gebäuden eingesetzt werden.



Beschreibung

GEBIET DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verglasungseinheit, die besonders für die MIMO-Technologie („Multiple Input, Multiple Output“, mehrere Eingänge, mehrere Ausgänge) in der Telekommunikation geeignet ist. Insbesondere umfasst die Verglasungseinheit eine strukturierte Beschichtung auf mindestens einer ihrer Oberflächen, die elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt ist, die die Verglasungseinheit hinsichtlich der MIMO-Effizienz verbessert.

STAND DER TECHNIK

[0002] Um beispielsweise den Energieverbrauch von Zügen und Gebäuden zu senken, werden zunehmend energiesparende Fenster mit besseren thermischen Eigenschaften verwendet. Diese Energiesparfenster bestehen typischerweise aus zwei oder mehr Fensterscheiben. Die Dicke der Glasscheiben wird so gewählt, dass sie den durch die Vorschriften vorgegebenen mechanischen Anforderungen der Verglasungseinheit entsprechen. Der Spalt zwischen den Glasscheiben unterdrückt Schallgeräusche und verbessert die Wärmedämmung. Energiesparfenster bestehen typischerweise aus einer oder mehreren beschichteten Glasscheiben. Diese Beschichtung hat ein geringes thermisches Emissionsvermögen und reduziert daher den Wärmeübergang durch Strahlung. Es kann sich auch um eine Sonnenschutzbeschichtung handeln, die die Transmission im nahen Infrarotbereich verringert. Sie ist im Allgemeinen aus ein bis drei Schichten Silber (Ag) zusammen mit einigen dielektrischen Schichten (Zinkoxid (ZnO), Siliziumnitrid (Si₃N₄), Titandioxid (TiO₂) usw. hergestellt. Die meisten Züge und viele moderne Gebäude haben eine metallische Struktur, die in Kombination mit der Beschichtung mit einer oder mehreren Metallschichten auf den Fenstern aufgrund eines Faradayschen Käfigeffekts zu einer starken Mikrowellendämpfung innerhalb der Struktur führt. Elektromagnetische (EM) Wellen, die für die Telekommunikation verwendet werden, werden daher stark gedämpft. Dies kann problematisch sein, da heutzutage zunehmend drahtlose Kommunikation verwendet wird.

[0003] Viele derzeit verwendete Mobilkommunikationssysteme basieren auf MIMO-Antennentechnologie („Multiple Input, Multiple Output“) für die drahtlose Kommunikation, bei der mehrere Antennen sowohl an der Quelle (Sender) wie auch am Ziel (Empfänger) verwendet werden, um die spektrale Effizienz zu erhöhen. In der einfachsten Version besteht ein MIMO-System aus zwei Antennen auf der Senderseite und zwei Antennen auf der Empfängerseite, woraus sich ein 2x2-MIMO-System ergibt. Im Vergleich zu einer einzelnen Sende- und Empfangsantenne kann ein MIMO-System sowohl die Diversität durch eine Erhöhung der unabhängig voneinander ausschwingenden Signalpfade als auch die Freiheitsgrade des Empfangssignalraums erhöhen. Dies kann die erreichbaren Datenraten und/oder die Zuverlässigkeit der Kommunikation eines MIMO-Systems im Vergleich zu einem älteren SISO-System („Single Input, Single Output“, ein Eingang, ein Ausgang) mit einer Sende- und einer Empfangsantenne erhöhen. In der Praxis kann ein 2x2-MIMO-System unter Verwendung einer kreuzpolarisierten Antenne sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite implementiert werden, wobei sich die Polarisation auf die Ausrichtung des elektrischen Feldes, das von einer Antenne abgestrahlt oder an dieser empfangen wird, in Bezug auf die Erdoberfläche bezieht.

[0004] In einem älteren SISO-System hängt der Durchsatz von verschiedenen Parametern ab, wie z. B. dem Signal-zu-Stör- und Rauschverhältnis (SINR, „signal-to-interference-plus-noise ratio“) und der Bandbreite. Bei einem MIMO-System hängt der Durchsatz auch von weiteren Parametern ab.

[0005] Beispielsweise ist bekannt, dass die Anzahl der von einem MIMO-System unterstützten räumlichen Ströme, das sogenannte räumliche Multiplexing, durch den Rang der Kanalmatrix zwischen Sender und Empfänger begrenzt ist. Der Rang einer Kanalmatrix hängt wiederum von der Anzahl der Singulärwerte ungleich null der Kanalmatrix ab. Die Kapazität des Kanals hängt jedoch nicht nur von der Anzahl der Singulärwerte ungleich null ab, sondern auch davon, wie weit die numerischen Werte der Singulärwerte ungleich null voneinander entfernt sind, d.h., von ihrer numerischen Verteilung. Je gleicher die Singulärwerte ungleich null sind, desto höher ist die Kapazität des MIMO-Kanals. Wenn sich die numerischen Werte der Singulärwerte ungleich null stark unterscheiden, unterscheiden sich die Übertragungsverluste der Verbindungen zwischen den Sendeantennen und den Empfängerantennen erheblich; dies wird als Pfadverlustungleichgewicht bezeichnet. Ein solches Pfadverlustungleichgewicht beeinträchtigt im Allgemeinen die Leistung eines MIMO-Systems.

[0006] In MIMO-Systemen ist es daher wichtig, einen ausgeglichenen Pfadverlust zwischen den beiden räumlichen Verbindungen zu haben, um die Leistung des MIMO-Systems zu optimieren. Mit anderen Worten, wenn ein MIMO-System unter Verwendung kreuzpolarisierter Antennen implementiert wird, sollte der Gesamtpfadverlust für die beiden Polarisationen so ähnlich wie möglich sein, um einen vorteilhaften Durchsatz zu erzielen. Dies wird derzeit jedoch nicht erreicht, wenn vorhandene Isolierverglasungen verwendet werden, da diese Einheiten, wenn sie elektromagnetische Wellen durch sie ausbreiten, zu einem signifikanten Pfadverlustungleichgewicht führen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, zumindest einige der oben identifizierten Probleme im Zusammenhang mit Verglasungseinheiten zu überwinden. Insbesondere besteht eines der Ziele der vorliegenden Erfindung darin, eine Verglasungseinheit bereitzustellen, die für MIMO-Systeme vorteilhaft ist. Eines der Ziele ist es daher, eine Verglasungseinheit vorzuschlagen, die, wenn sie elektromagnetischer Strahlung mit zwei verschiedenen Polarisierungen

ausgesetzt wird, das Pfadverlustungleichgewicht für die beiden Polarisierungen über einen weiten Bereich von Einfallswinkeln verringern kann.

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Verglasungseinheit bereitgestellt, wie in Anspruch 1 angegeben.

[0009] Die vorgeschlagene Verglasungseinheit hat den Vorteil, dass sie über Energiesparfunktionen verfügt und sich besonders für die in der Telekommunikation verwendete MIMO-Technologie eignet. Diese Verglasungseinheit zeigt eine geringe Dämpfung für Breitband-Mikrowellenfrequenzen und einen kleinen Unterschied zwischen parallelen/horizontalen und senkrechten/vertikalen Polarisierungen (in Bezug auf die Einfallsebene), was eine signifikante Steigerung der MIMO-Effizienz selbst bei hohen Einfallswinkeln ermöglicht.

[0010] Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung gibt es eine Struktur, die die Verglasungseinheit gemäß dem ersten Aspekt umfasst.

[0011] Die Struktur kann eine Hülle aus leitendem Material wie Metall und einen Faradayschen Käfig bilden.

[0012] Andere Aspekte der Erfindung sind in den beigefügten abhängigen Ansprüchen aufgeführt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung einer nicht einschränkenden beispielhaften Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ersichtlich:

- Figuren 1a bis 1m sind Teilquerschnittsansichten von beispielhaften Isolierverglasungseinheiten gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Figuren 2a bis 2f veranschaulichen verschiedene beispielhafte Muster der Beschichtung, die in der Verglasungseinheit gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden; und
- Figur 3 zeigt beispielhafte Simulationsergebnisse für die Konfiguration von Figur 1b.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG EINER AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

[0014] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren detailliert beschrieben. Diese Ausführungsform wird im Zusammenhang mit einer Isolierverglasungseinheit für einen Zugwaggon beschrieben, aber die Lehren der Erfindung sind nicht auf diese Umgebung beschränkt. Zum Beispiel könnten die Lehren der vorliegenden Erfindung in anderen Anwendungen oder Umgebungen verwendet werden, wie etwa in Gebäuden. Identischen oder entsprechenden Funktions- und Strukturelementen, die in den verschiedenen Zeichnungen erscheinen, werden die gleichen Referenznummern zugewiesen. Es ist zu beachten, dass die Verwendung der Wörter „erste“, „zweite“ und „dritte“ usw. keine bestimmte Reihenfolge oder Hierarchie implizieren soll, es sei denn, dies wird im Kontext explizit oder implizit klargestellt.

[0015] Die folgenden Definitionen können im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden:

- Unter einer Isolierverglasungseinheit (IGU) wird ein Element verstanden, das zwei oder mehr Fensterscheiben umfasst.
- Eine Fensterscheibe kann beispielsweise aus Borosilikat- oder Kalknatronglas (Float) und/oder Polymer wie Polycarbonat, Acrylglas, Polyethylenterephthalat oder anderen transparenten Polymeren oder aus Laminatschichten oder -lagen aus mindestens den oben genannten Materialien hergestellt sein.
- Die Laminierung ist eine Technik oder ein Herstellungsverfahren, bei dem eine Scheibe mehrere Schichten umfasst, um eine Scheibe zu bilden, so dass das Verbundelement durch die Verwendung der unterschiedlichen Materialien ein/eine verbesserte Festigkeit, Stabilität, Schalldämmung, Aussehen und/oder andere Eigenschaften erzielt. Ein Laminat ist ein fest zusammengesetztes Objekt, das beispielsweise unter Anwendung von Hitze, Druck, Schweißen und/oder Kleben geschaffen wird.
- Eine Zwischenschicht dient dazu, unterschiedliche Schichten zu verbinden. Sie kann beispielsweise aus verschiedenen Photoresists oder Thermoplasten wie Polyvinylbutyral (PVB), Ethylen-Vinylacetat (EVA), thermoplastischem Polyurethan (TPU), Polyolefinelastomer (POE) usw. gefertigt sein.
- Telekommunikationsfrequenzen gelten als Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz.
- Die absolute Permittivität, die im Elektromagnetismus oft einfach als Permittivität bezeichnet wird und mit dem griechischen Buchstaben ϵ (Epsilon) markiert ist, ist ein Maß dafür, wie stark ein Dielektrikum polarisieren kann. Ein Material mit hoher Permittivität polarisiert stärker als Reaktion auf ein angelegtes elektrisches Feld als ein Ma-

terial mit niedriger Permittivität, wodurch mehr Energie im elektrischen Feld gespeichert wird. Die SI-Einheit für die Permittivität ist Farad pro Meter (F/m).

- Die relative Permittivität, auch als Dielektrizitätskonstante κ (Kappa) eines Materials bekannt, ist seine (absolute) Permittivität, ausgedrückt als Verhältnis zur Vakuumpermittivität. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein Material mit niedriger relativer Permittivität als Material mit einem relativen Permittivitätswert unter 5,5 für mindestens eine oder mehrere Telekommunikationsfrequenzen angesehen.
- Ein Spalt in einer Verglasungseinheit ist der Raum zwischen zwei benachbarten Scheiben einer Verglasungseinheit und kann beispielsweise mit Luft, Edelgasen (z. B. Argon) gefüllt sein und/oder ein Vakuum enthalten.
- Eine Beschichtung ist eine Abdeckung, die auf die Oberfläche eines Objekts aufgebracht wird, auch als Substrat bezeichnet. Im Allgemeinen kann der Zweck des Aufbringens einer Beschichtung dekorativ, funktional oder beides sein. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind die in diesem Text genannten Beschichtungen funktional. Die Beschichtung selbst kann eine Gesamtschichtung sein, die das Substrat vollständig bedeckt, oder sie kann nur einen Teil oder Teile des Substrats bedecken.
- Die Emissivität ist der normalisierte Wert für Materialien auf Basis des Verhältnisses der abgegebenen Wärme zu einem perfekten schwarzen Körper auf einer Skala von null bis eins. Ein schwarzer Körper hätte eine Emissivität von 1 und ein perfekter Reflektor hätte eine Emissivität von 0.
- Eine Beschichtung mit niedriger Emissivität bezieht sich auf eine Schicht, die geringe Mengen an thermischer Strahlung (Wärme) abgibt. Beschichtungen mit niedriger Emissivität sind üblicherweise aus Mehrlagenbeschichtungen aus dielektrischen und/oder metallischen Dünnschichten zusammengesetzt.
- Drahtlose Kommunikation ist die Übertragung von Informationen zwischen zwei oder mehr Punkten, die nicht durch einen elektrischen Leiter verbunden sind, häufig über Funkwellen.
- Der Einfallswinkel ist der Winkel zwischen der Ausbreitungsrichtung einer auf eine Oberfläche einfallenden elektromagnetischen Welle und der Linie senkrecht zur Oberfläche am Einfallspunkt, die als Normale bezeichnet wird.
- Der Übertragungsverlust im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung beschreibt die akkumulierte Abnahme der elektrischen Leistung einer Welle, wenn sie sich durch einen bestimmten Bereich oder durch eine bestimmte Art von Struktur ausbreitet.
- Mehrere Eingänge, mehrere Ausgänge oder MIMO ist eine Technik für eine Funkverbindung unter Verwendung mehrerer Empfangs- und Sendeantennen.
- Das Pfadverlustungleichgewicht („path loss imbalance“) im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist definiert als die Differenz der Übertragungsverluste für verschiedene Signalfade (z. B. verschiedene Polarisierungen) von elektromagnetischen Wellen, die sich durch ein Medium ausbreiten.
- Unter Einfallsebene (auch als Inzidenzebene bezeichnet) kann die Ebene verstanden werden, die die Oberflächennormale und den Ausbreitungsvektor (oder k-Vektor oder Wellenvektor) der einfallenden Strahlung enthält. Wenn die Reflexion wie bei einem Spiegel oder einer anderen glänzenden Oberfläche spiegelnd ist, liegt der reflektierte Strahl auch in der Einfallsebene. Wenn auch eine Brechung auftritt, liegt der gebrochene Strahl in derselben Ebene.
- Polarisation ist eine Eigenschaft, die für Querwellen gilt, womit die geometrische Ausrichtung der Schwingungen bestimmt ist. Eine elektromagnetische Welle, wie etwa Licht, besteht aus einem gekoppelten, schwingenden elektrischen Feld und Magnetfeld, die senkrecht sind. Konventionell bezieht sich die Polarisation elektromagnetischer Wellen auf die Richtung des elektrischen Feldes. Unter p-polarisierten Wellen versteht man solche mit einer Richtung des elektrischen Feldes parallel zur Einfallsebene eines Objekts, und s-polarisierte Wellen haben ein elektrisches Feld, das senkrecht zu dieser Ebene ausgerichtet ist.
- Durchsatz oder Netzwerkdurchsatz ist die Rate der erfolgreichen Informationsübermittlung über einen Kommunikationskanal. Der Durchsatz wird normalerweise in Bit pro Sekunde (Bit/s oder bps) oder in Megabit pro Sekunde (Mbit/s) und manchmal in Datenpaketen pro Sekunde (p/s oder pps) oder Datenpaketen pro Time Slot gemessen.

[0016] Die Hauptmotivation hinter der vorliegenden Erfindung bestand darin, ein verbessertes Verglasungsdesign für Fensterscheiben vorzuschlagen. Die Fensterscheiben sollten nicht nur die mechanischen und Spannungsanforderungen erfüllen, sondern auch eine geringe Dämpfung und ein vorteilhaftes Pfadverlustungleichgewicht schaffen, insbesondere zwischen den Polarisierungen s (senkrecht) und p (parallel), und dies für einen weiten Bereich von Einfallswinkeln und Breitbandfrequenzen, wie sie für die drahtlose Telekommunikation verwendet werden. Die Isolierverglasungseinheit 1 oder das Fenster gemäß der vorliegenden Erfindung, und wie in Figuren 1a bis 1m gezeigt, ist aus zwei oder mehr Fensterscheiben zusammengesetzt. In den meisten der nachstehend erläuterten Beispiele enthält jede Fensterscheibe ein Polymer, wie et-

wa Polycarbonat oder Acrylglas und/oder Glas, so dass jedes Material oder jede Schicht eine niedrige relative Permittivität aufweist (unter 5,5). Gemäß verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung veranschaulichen Figur 1a bis Figur 1m verschiedene beispielhafte Materialkombinationen. Eine strukturierte Beschichtung mit niedriger thermischer Emissivität, d.h. einer Emissivität unter 20 % oder von ungefähr 20 % (üblicherweise als Low-e-Beschichtung bezeichnet), die auf eine oder mehrere Oberflächen der Verglasungseinheit aufgebracht wird, führt im Allgemeinen zu einer geringen Dämpfung für Breitband-Mikrowellenfrequenzen und einem kleinen Pfadverlustungleichgewicht zwischen parallelen und senkrechten Polarisierungen, was eine signifikante Steigerung der MIMO-Effizienz auch bei hohen Einfallswinkeln ermöglichen kann.

[0017] Figur 1a ist eine Querschnittsansicht, die einen Teil einer beispielhaften Isolierverglasungseinheit 1 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Figuren 1b bis 1m sind ebenfalls Querschnittsansichten ähnlich der Ansicht von Figur 1a und veranschaulichen Varianten der vorgeschlagenen Isolierverglasungseinheit 1. Figuren 1a bis 1m veranschaulichen somit Querschnittsseitenprofile einer unteren Hälfte einer Verglasungseinheit. In Figuren 1a bis 1m können sich elektromagnetische Wellen von links nach rechts (oder umgekehrt) durch die Isolierverglasungseinheit 1 ausbreiten. Wie in Figur 1a gezeigt, umfasst die Verglasungseinheit 1 eine erste Fensterscheibe 3 und eine zweite Fensterscheibe 5. In diesem Beispiel sind die Fensterscheiben 3, 5 flache oder im Wesentlichen flache Elemente, sie könnten jedoch stattdessen entlang einer oder mehrerer Achsen gekrümmt oder teilweise gekrümmt sein. In diesem Beispiel sind die erste und die zweite Fensterscheibe 3, 5 parallel oder im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet, dies muss jedoch nicht der Fall sein. Es ist ein Abstandshalter 7 vorgesehen, der in diesem Fall um den Umfang der Verglasungseinheit angeordnet ist, um die erste und die zweite Fensterscheibe 3, 5 in einem gewünschten Abstand voneinander zu halten. In diesem Beispiel ist die Verglasungseinheit 1 in Umfangsrichtung von einem Dichtungselement 9 oder einer Dichtung umgeben, um den zwischen den Fensterscheiben 3, 5 gebildeten Spalt oder Raum 11 abzudichten. Der Spalt 11 kann mit Gas, wie etwa Luft oder Argon, gefüllt sein, um die thermischen und/oder akustischen Dämmeigenschaften der Verglasungseinheit 1 zu verbessern. Die erste Fensterscheibe 3 definiert eine erste Oberfläche 13 und eine zweite, gegenüberliegende Oberfläche 15, während die zweite Fensterscheibe 5 eine dritte Oberfläche 17 und eine vierte, gegenüberliegende Oberfläche 19 definiert. In diesem Beispiel weist die erste Oberfläche 13 zur Außenseite des Zuges, während die vierte Oberfläche 19 zur Innenseite des Zuges weist. Die zweite und dritte Oberfläche 15, 17 sind einander und auch dem Spalt 11 zugewandt, der zwischen der ersten und der zweiten Fensterscheibe 3, 5 gebildet ist.

[0018] In dem Beispiel der Figur 1a sind sowohl die erste als auch die zweite Fensterscheibe 3, 5 laminierte Elemente. Insbesondere umfassen sie mindestens zwei Schichten, die aneinander befestigt, miteinander verbunden, fixiert oder verklebt sind. In dem Beispiel von Figur 1a umfassen sowohl die erste als auch die zweite Fensterscheibe 3, 5 drei Schichten: Eine Polymerschicht 21 ist zwischen zwei Glasschichten 23 angeordnet und verbunden. In diesem speziellen Beispiel ist die Polymerschicht 21 eine Polycarbonatschicht, während die Glasschichten Borosilikatschichten sind. Somit umfassen die laminierten Fensterscheiben 3, 5 in diesem Beispiel eine zentrale Polycarbonatschicht, die mit zwei äußeren Borosilikatglasschichten verbunden ist. Wie unten ausführlicher erläutert, kann jede gegebene Fensterscheibe jede beliebige gewünschte Kombination von Schichten (oder nur eine Schicht) umfassen. Eine gegebene Schicht kann beispielsweise aus einem der folgenden Materialien hergestellt sein: Borosilikatglas, Kalknatronglas (Floatglas), Polycarbonatpolymer, Acrylglas, Polyethylenterephthalat (PET) und jedem anderen transparenten Polymer.

[0019] Die Isolierverglasungseinheiten 1 gemäß der vorliegenden Erfindung werden somit aus zwei oder mehr Fensterscheiben zusammengesetzt, die eine oder mehrere Schichten umfassen. Eine Fensterscheibe kann aus Glas, wie Borosilikat oder Kalknatronglas (Floatglas) und/oder Polymer wie Polycarbonat, Acrylglas, PET oder anderen transparenten Polymeren oder aus Laminatschichten der obigen oder anderer geeigneter Materialien bestehen, wie für Figur 1a dargestellt. Gemäß den vorliegenden Beispielen besteht jede Fensterscheibe somit aus einem Material oder einem Verbundmaterial, so dass die relative Permittivität einer gegebenen Schicht bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz oder insbesondere im Bereich von 300 MHz bis 20 GHz oder im Bereich von 300 MHz bis 6 GHz bei unter 5,5 oder 5,0 liegt. Abhängig von den Materialien, die zum Aufbau der Schichten verwendet werden, kann die relative Permittivität einer gegebenen Schicht oder eines gegebenen Materials bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz oder insbesondere im Bereich von 300 MHz bis 20 GHz oder im Bereich von 300 MHz bis 6 GHz sogar bei unter 3,0 liegen. Es ist jedoch zu beachten, dass es möglich wäre, die Verglasungseinheit so zu bauen, dass nur eine der Schichten der Verglasungseinheit die obige Permittivitätsbedingung erfüllt.

[0020] Die Schichten können gegebenenfalls durch geeignete thermische oder chemische Behandlungen mechanisch verstärkt oder gehärtet werden. Zur Laminierung wird in den vorliegenden Beispielen eine Zwischenschicht (in den Figuren nicht gezeigt) verwendet, um verschiedene Schichten miteinander zu verbinden; diese kann aus verschiedenen Photoresists oder Thermoplasten wie Polyvinylbutyral (PVB), Ethylen-Vinylacetat (EVA), thermoplastischem Polyurethanfilm (TPU), Polyolefinelastomer usw. hergestellt sein. Eine Zwischenschicht kann somit zwischen zwei beliebigen benachbarten Schichten angeordnet sein.

[0021] Die Querschnittsdicke der in der Verglasungseinheit der vorliegenden Erfindung verwendeten Schichten kann zwischen 0,1 mm und 20 mm oder insbesondere zwischen 0,5 mm und 10 mm oder zwischen 0,8 mm und 6 mm betragen. In den in Figuren 1a bis 1m gezeigten Beispielen hat jede Schicht eine Dicke im Bereich von 1 mm bis 4 mm. In dem Beispiel von Figur 1a ist die erste Fensterscheibe 3 dicker als die zweite Fensterscheibe 5, um beispielsweise die mechanische Festigkeit der ersten Fensterscheibe 3 zu erhöhen, bei der es sich um die Scheibe handelt, die der Außenumgebung ausgesetzt ist. In diesem Beispiel wird die erhöhte Dicke erreicht, indem die Schichten in der ersten Fensterscheibe 3 di-

cker gemacht werden als die Schichten in der zweiten Fensterscheibe 5. Einige Fensterscheiben können jedoch dünner gemacht werden, indem zusätzlich zu oder anstelle einer verringerten Anzahl von Schichten weniger Schichten als in den anderen Fensterscheiben vorhanden sind. Es wäre jedoch auch möglich, die erste und die zweite Fensterscheibe 3, 5 gleich dick zu machen. Alternativ könnte die zweite Fensterscheibe 5 dicker sein als die erste Fensterscheibe 3.

[0022] Die Verglasungseinheit 1 umfasst auch eine strukturierte oder gemusterte Beschichtung 25 mit geringer thermischer Emissivität (eine Low-e-Beschichtung). Die Beschichtung kann beispielsweise eine Metallschicht umfassen, beispielsweise eine Silberschicht (für eine Beschichtung auf Silberbasis), die zwischen zwei Oxid- oder dielektrischen Schichten angeordnet ist, die eine der folgenden Schichten sein können: Zinkoxid(ZnO)-, Siliziumnitrid(Si₃N₄)- und Titandioxid(TiO₂)-Schichten. Für den Fachmann versteht sich von selbst, dass die Erfindung nicht auf diese spezifischen Oxid- oder dielektrischen Schichtmaterialien beschränkt ist. Die Beschichtung 25 kann durch Aufbringen einer Sputterabscheidung, die ein physisches Aufdampfverfahren (PVD) zur Dünnschichtabscheidung durch Sputtern ist, auf einer gewünschten Oberfläche abgeschieden werden. Alternativ kann die Beschichtung 25 eine pyrolytische Beschichtung sein, bei der es sich um eine Dünnschichtbeschichtung handelt, die bei hohen Temperaturen aufgebracht und im Zuge des Floatglasverfahrens auf eine Glasoberfläche gesprüht wird. Die Querschnittsdicke der transparenten Beschichtung 25 kann zwischen 10 nm und 1000 nm oder insbesondere zwischen 50 nm und 300 nm oder insbesondere zwischen 100 nm und 200 nm liegen.

[0023] Die Beschichtung 25 wird auf mindestens eine der Oberflächen 13, 15, 17 oder 19 der Verglasungseinheit 1 aufgebracht. In dem Beispiel von Figur 1a ist die Beschichtung 25 auf der zweiten Oberfläche 15 angeordnet, während in der Verglasungseinheit von Figur 1b die Beschichtung 25 auf der dritten Oberfläche 17 angeordnet ist. In dem Beispiel der Figur 1c umfasst die Verglasungseinheit 1 zwei Beschichtungen 25, so dass eine davon auf der zweiten Oberfläche 15 und die andere auf der dritten Oberfläche 17 angeordnet ist. Es ist zu beachten, dass sich die beiden Beschichtungen voneinander unterscheiden können. Beispielsweise können unterschiedliche Materialien (z. B. unterschiedliche Metalle und/oder Dielektrika) verwendet werden, um sie aufzubauen, und/oder unterschiedliche Sandwichstrukturen können verwendet werden.

[0024] Die Verglasungseinheiten 1 der Figuren 1d, 1e und 1f sind den Verglasungseinheiten 1 der Figuren 1a, 1b bzw. 1c ähnlich, mit dem Unterschied, dass die erste Fensterscheibe 3 in der Konfiguration der Figuren 1d bis 1f fünf Schichten umfasst, im Unterschied zu drei Schichten in den Konfigurationen der Figuren 1a bis 1c. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass die erste Fensterscheibe 3 mechanisch stärker ausgeführt sein kann. Die Polymerschichten 21 der ersten Fensterscheibe 3 in den Konfigurationen der Figuren 1d bis 1f können dünner ausgeführt werden als in den Konfigurationen der Figuren 1a bis 1c, um eine vergleichbare mechanische Festigkeit zu erreichen. Insbesondere liegt die Querschnittsdicke der Polymerschichten 21 in den Konfigurationen der Figuren 1d bis 1f vorteilhafterweise zwischen der 1,1- und 3-fachen Querschnittsdicke der Glasschichten 23 oder insbesondere zwischen der 1,4- und 2,4- oder zwischen der 1,4- und 1,9-fachen Dicke der Glasschichten 23.

[0025] Die Verglasungseinheiten 1 der Figuren 1g und 1h sind den Verglasungseinheiten 1 der Figuren 1d bzw. 1e ähnlich, mit dem Unterschied, dass die erste und/oder zweite Fensterscheibe 3, 5 der in Figuren 1g und 1h gezeigten Verglasungseinheiten 1 N Schichten umfassen, die aneinander befestigt oder miteinander verbunden sind. In den Fensterscheiben 3, 5 der Figuren 1g und 1h wechseln sich die Polymerschichten 21 und die Glasschichten 23 ab, d.h., diese Schichten treten abwechselnd wiederholt auf. Es ist anzumerken, dass in den meisten der in Figuren 1a bis 1m gezeigten Konfigurationen die äußersten Schichten einer bestimmten Fensterscheibe durch die Glasschichten 23 gebildet werden, da sie mechanisch stärker sind als die Polymerschichten 21. Mit anderen Worten, die erste, zweite, dritte und vierte Oberfläche 13, 15, 17, 19 sind in diesen Beispielen Glasoberflächen. Es wäre jedoch möglich, die Fensterscheiben 3, 5 so zu gestalten, dass die äußersten Schichten Polymerschichten anstelle von Glasschichten sind. Es wäre auch möglich, die Fensterscheiben 3, 5 anhand einer beliebigen Reihenfolge der Schichten zu gestalten, beispielsweise so, dass zwei oder mehr benachbarte Glasschichten 23 miteinander verbunden sind oder zwei oder mehr benachbarte Polymerschichten miteinander verbunden sind.

[0026] Die in Figur 1i dargestellte Verglasungseinheit ist den in Figuren 1g und 1h gezeigten Verglasungseinheiten ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass die Verglasungseinheit 1 von Figur 1i zwei Beschichtungen 25 umfasst, d.h. eine Beschichtung 25, die jeweils auf der zweiten und dritten Oberfläche 15, 17 aufgetragen ist. Weiterhin umfasst die Verglasungseinheit von Figur 1i im Spalt 11 eine Polymerfolie 27 zur Erhöhung der Wärme- und/oder Schalldämmung, die auch als Fensterscheibe betrachtet werden kann und die in diesem Beispiel parallel oder im Wesentlichen parallel zu den beiden Glasschichten 23 angeordnet ist. Die strukturierte Beschichtung 25 ist in diesem Beispiel auf den äußersten Fensterscheiben 3, 5 vorhanden, die in diesem Beispiel mechanisch stärker sind als die durch die Polymerfolie 27 gebildete Fensterscheibe. Darüber hinaus umfasst die in Figur 1i gezeigte Verglasungseinheit 1 zwei Abstandhalter 7 anstelle von nur einem, wie in Figuren 1a bis 1h gezeigt. In diesem Beispiel ist die Polymerfolie 27 zwischen den beiden Abstandhaltern angeordnet, um die Polymerfolie 27 fest an Ort und Stelle zu halten. Die Polymerfolie 27 teilt somit den Spalt 11 in zwei Räume. In diesem Beispiel ist die Polymerfolie 27 dünner als jede der Schichten der Fensterscheiben. Es ist anzumerken, dass die Polymerfolie 27 auf jede der in Figuren 1a bis 1m gezeigten Verglasungseinheiten 1 aufgebracht werden könnte.

[0027] Die in Figur 1j gezeigte Verglasungseinheit 1 ist den Konfigurationen der Figuren 1g und 1h ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass die Verglasungseinheit 1 der Figur 1j drei Fensterscheiben umfasst, nämlich eine erste Fensterscheibe 3, eine zweite Fensterscheibe 5 und eine dritte Fensterscheibe 6. In diesem Beispiel ist die zweite Fensterscheibe 5 die

mittlere Fensterscheibe, während die erste und dritte Fensterscheibe 3, 6 die äußersten Fensterscheiben sind. Die Anzahl der Schichten in den Fensterscheiben kann so gewählt werden, dass sie den Anforderungen der Anwendung entsprechen. Weiterhin umfasst die Verglasungseinheit 1 von Figur 1j zwei Beschichtungen 25.

[0028] Die Konfigurationen der Figuren 1k bis 1m zeigen weitere Varianten der Verglasungseinheit 1. Die Verglasungseinheit 1 der Figur 1k ist ähnlich der Verglasungseinheit der Figur 1a, jedoch mit dem Unterschied, dass die zweite Fensterscheibe 5 eine einschichtige Fensterscheibe ist, insofern als die zweite Fensterscheibe 5 nur eine Polymerschicht 21 umfasst. Die Verglasungseinheit 1 von Figur 1l ist ähnlich der Verglasungseinheit von Figur 1b, jedoch mit dem Unterschied, dass die zweite Fensterscheibe 5 eine einschichtige Fensterscheibe ist, insofern als die zweite Fensterscheibe 5 nur eine Glasschicht 23 umfasst. Die Verglasungseinheit 1 der Figur 1m ist ähnlich der Verglasungseinheit der Figur 1a, jedoch mit dem Unterschied, dass die erste und die zweite Fensterscheibe 3, 5 beide einschichtige Fensterscheiben sind, insofern als die erste Fensterscheibe 3 nur eine Glasschicht 23 umfasst, während die zweite Fensterscheibe 5 nur eine Polymerschicht 21 umfasst.

[0029] In Figuren 2a bis 2f sind Beispiele unterschiedlicher Muster für die strukturierte Beschichtung 25 dargestellt. Die Muster sind in den Beispielen der Figuren 2a bis 2f in einem Koordinatensystem dargestellt, wobei die x-Achse die horizontale Achse (in Bezug auf den Boden) darstellt und die y-Achse eine Achse darstellt, die orthogonal zur x-Achse ist und der Oberfläche der Beschichtung oder insbesondere der Oberfläche eines Beschichtungs-Patches 29 folgt. Wenn also die Verglasungseinheit vertikal angeordnet ist, ist die y-Achse eine vertikale Achse. Δx bezeichnet die Länge eines Beschichtungs-Patches 29 oder dessen Projektion (wenn sich der Patch nicht horizontal erstreckt) entlang der x-Achse, während Δy die Höhe eines Beschichtungs-Patches 29 oder seine Projektion (wenn sich der Patch nicht vertikal erstreckt) entlang der y-Achse bezeichnet. D1 bezeichnet eine erste Dimension D1, die in diesem Beispiel parallel zur x-Achse verläuft, während D2 eine zweite orthogonale Dimension bezeichnet, die in diesem Beispiel parallel zur y-Achse verläuft. Die schwarzen Bereiche entsprechen den Beschichtungs-Patches 29, während die weißen Bereiche Einschnitte 31, Kanäle oder Gräben zeigen, die in die jeweilige Beschichtung eingebracht wurden. In diesem Beispiel erstrecken sich die Einschnitte im Querschnitt durch die Beschichtung, weshalb die Einschnitte die Oberfläche der darunter liegenden Schicht erreichen. Die Einschnitte trennen somit elektrisch verschiedene elektrisch leitende Zellen, Patches oder Bereiche, die in der Beschichtung gebildet sind, voneinander. Lasergravur oder Laserritzen können zum Ätzen des Musters verwendet werden. Auf diese Weise kann eine laserstrukturierte Beschichtung erreicht werden, bei der die thermische Emissivität der Beschichtung höchstens etwa 20 % oder insbesondere höchstens etwa 15 % beträgt. Die abgetragene Fläche (d.h. die Oberfläche der Einschnitte 31) wird dank sehr schmaler abgetragener Linien klein gehalten. Da die Linien sehr klein sind, ist die Struktur in den meisten Situationen mit bloßem Auge kaum erkennbar. Es wurde entdeckt, dass gute Ergebnisse gewonnen werden, wenn die Patches durch einen Abstand im Bereich von 0,001 mm bis 0,5 mm und insbesondere durch einen Abstand im Bereich von 0,01 mm bis 0,1 mm voneinander getrennt sind.

[0030] Das Hinzufügen einer Beschichtung zur Fensterscheibe 1 erhöht geringfügig den Übertragungsverlust beider Polarisierungen und erhöht das Pfadverlustungleichgewicht. Mit anderen Worten, die Beschichtung dämpft gewissermaßen die elektromagnetischen Wellen, die sich durch die Verglasungseinheit 1 und damit durch die von den Schichten der Fensterscheiben definierten Oberflächen ausbreiten, beispielsweise die Oberflächen 13, 15, 17 und 19 in Figur 1a. Es ist anzumerken, dass unter der Annahme, dass die einfallende Welle horizontal oder im Wesentlichen horizontal (d.h. mit einem Winkel von höchstens etwa ± 10 Grad) in Bezug auf den Boden oder die Erdoberfläche sei und wenn der Einfallswinkel der einfallenden Welle höher ist als null Grad (der null-Grad-Einfallswinkel ist normal zur Fensterscheibe), die s-polarisierte Komponente durch die Beschichtung mit nicht-länglichen Patches deutlich stärker gedämpft wäre als die p-polarisierte Komponente, wenn die einfallende Welle durch die Fensterscheibe bei Einfallswinkeln von mehr als 0 Grad hindurchgeht (0 Grad ist normal zur Oberfläche). Um das Pfadverlustungleichgewicht zwischen den zwei Polarisierungen und/oder anderen Antennen zu verringern, wird eine Dimension der rechteckigen Patches 29 vergrößert, d.h., die Patches 29 werden in längliche Formen gebracht, wie Rechtecke, anstelle von Quadraten (in den Beispielen der Figuren 2a und 2b). In diesem Fall besteht das Ziel darin, die p-polarisierte Komponente stärker zu dämpfen, während die Dämpfung der s-Komponente von der Patch-Form im Wesentlichen unberührt bleibt. Beschichtungen mit asymmetrischen Patches dämpfen eine Polarisation stärker als die andere, was die MIMO-Leistung verbessern kann. Insbesondere kann durch richtige Ausrichtung und Dimensionierung der länglichen Patches 29 eine der Polarisierungen stärker gedämpft werden als die andere Polarisation. Unter der Annahme, dass die ankommende Welle horizontal oder im Wesentlichen horizontal in Bezug auf den Boden sei, kann die p-Komponente stärker gedämpft werden als die s-Komponente, wenn die Länge oder die Längenprojektion der Patches 29 entlang einer ersten horizontalen Achse größer ist als die Höhe oder die Höhenprojektion der Patches 29 entlang einer zweiten, orthogonalen Achse, beispielsweise in einer Position, in der die Verglasungseinheit 1 in einer Konstruktion zusammengesetzt ist, die dazu bestimmt ist, sie aufzunehmen. Die erste Achse folgt im Wesentlichen horizontal einer jeweiligen Patchfläche oder ihrer virtuellen Ausdehnung, und die zweite Achse folgt der jeweiligen Patchfläche oder ihrer virtuellen Ausdehnung orthogonal zur ersten Achse. Somit können die erste und/oder zweite Achse/Achsen in Abhängigkeit von der Form des jeweiligen Patches gerade oder gekrümmt sein. Auf diese Weise können die Übertragungsverluste der verschiedenen Polarisierungen im Wesentlichen ähnlich gemacht werden. In den meisten praktischen Anwendungen wird die s-Polarisation nicht durch eine unterschiedliche Länge der Patches 29 beeinflusst (die sich in diesem Fall in der durch die p-Polarisation definierten Ebene erstrecken, die in diesem Beispiel eine horizontale Ebene ist). Andererseits hängt der Übertragungsverlust der p-Polarisation von der Länge der Patches ab, und somit kann der Übertragungsverlust der p-Polarisation dem Übertragungsverlust der s-Polarisation im Wesentlichen an-

geglichen werden. Es ist beispielsweise möglich, die Verglasungseinheiten 1 und insbesondere die Beschichtung 25 so zu gestalten, dass für elektromagnetische Wellen mit einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz der Unterschied im Übertragungsverlust zwischen paralleler und senkrechter Polarisierung bei Einfallswinkeln im Bereich von 0 bis 90 Grad bei weniger als etwa 7 dB liegt.

[0031] Wie in Figuren 2a bis 2f zu sehen ist, sind die Patches 29 in diesen Beispielen in Längsrichtung ausgeführt und definieren somit eine Längsachse, entlang der sich die Patches 29 erstrecken (zum Beispiel ist in dem Beispiel von Figur 2a die Längsachse parallel zu der x-Achse). Mit anderen Worten ist ihre erste Dimension D1 größer als eine zweite, orthogonale oder im Wesentlichen orthogonale Dimension D2. In den Beispielen der Figuren 2a bis 2f erstreckt sich die erste Dimension D1 entlang der x-Achse, die in diesem Beispiel eine horizontale Achse ist, während sich die zweite Dimension D2 entlang der y-Achse erstreckt, die orthogonal zur x-Achse und oft eine vertikale Achse ist, aber nicht immer (insbesondere, wenn die Beschichtung 25 nicht vertikal ausgerichtet ist, sondern in Bezug auf die vertikale Ausrichtung gekrümmt oder gekippt wäre). Sowohl die x-Achse als auch die y-Achse verlaufen parallel zur beschichteten Oberfläche 13, 15, 17, 19. Die Patchformen oder ihre Ausdehnungsorientierung können breiter definiert werden, so dass zumindest einige der Patches eine größere Länge Δx entlang einer ersten Dimension haben als eine Höhe Δy entlang einer zweiten, unterschiedlichen Dimension, wobei die erste Dimension einer jeweiligen Patch-Oberfläche in einer Einfallsebene folgt, die durch eine ankommende elektromagnetische Welle und eine von der Isolierverglasungseinheit 1 reflektierte elektromagnetische Welle definiert ist, und wobei die zweite Dimension der jeweiligen Patch-Oberfläche orthogonal oder im Wesentlichen orthogonal zur ersten Dimension folgt. Die erste und die zweite Dimension können somit so verstanden werden, dass sie sich tangential entlang der Patchoberfläche erstrecken.

[0032] In der Ausführung von Figur 2a sind die Patches 29 Rechtecke und insbesondere längliche Rechtecke, während in der Ausführung von Figur 2b die Patches 29 gekippte längliche Rechtecke sind oder Rhomboide sein könnten. In der Ausführung von Figur 2c sind die Patches 29 Dreiecke, während in der Ausführung von Figur 2d die Patches 29 Sechsecke und insbesondere unregelmäßige oder längliche Sechsecke sind. In Figur 2e werden Wellenformen verwendet, um die Patches 29 zu erzeugen, während in Figur 2f ovale Formen verwendet werden, um die Patches 29 zu erzeugen. Insbesondere kreuzen bei der Ausführung der Figur 2e erste Wellenformen zweite Wellenformen, um Patches unterschiedlicher Größe zu erzeugen. In der Ausführung der Figur 2f werden teilweise überlappende Ovale verwendet, um Patches unterschiedlicher Größe zu erzeugen. Es ist anzumerken, dass auch andere Formen, vorteilhafterweise längliche Formen, ebenfalls oder stattdessen möglich wären, wie Parallelogramme oder gekippte Parallelogramme. Für ein verbessertes Gleichgewicht der Übertragung elektromagnetischer Wellen unterschiedlicher Polarisierung bei schrägen Einfallswinkeln ist mehr als ein Drittel der Oberfläche (die den elektromagnetischen Wellen ausgesetzt ist) mit Patches 29 bedeckt, für die die Patchlänge Δx größer als die Patchhöhe Δy ist. Das Verhältnis Patch-Länge/Höhe kann zwischen 1,1 und 20 oder insbesondere zwischen 1,5 und 8 oder 1,3 und 8 liegen, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Darüber hinaus haben zumindest einige der Patches eine Länge im Bereich von 0,5 mm bis 20 mm und insbesondere im Bereich von 2 mm bis 10 mm oder im Bereich von 4 mm bis 10 mm.

[0033] Die obigen Beispiele beschreiben somit eine Isolierverglasungseinheit 1 zum Empfangen elektromagnetischer Strahlung, wobei die Isolierverglasungseinheit 1 umfasst:

- eine erste Fensterscheibe 3, die mindestens eine erste Oberfläche 13 und eine zweite Oberfläche 15 definiert, wobei die erste Fensterscheibe eine erste Polymerschicht 21 und/oder eine erste Glasschicht 23 umfasst, wobei die relative Permittivität der jeweiligen ersten Schicht bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz unter 5,5 liegt;
- eine zweite Fensterscheibe 5 in einem bestimmten Abstand von der ersten Scheibe 3, die mindestens eine dritte Oberfläche 17 und eine vierte Oberfläche 19 definiert, wobei die zweite Fensterscheibe 5 eine zweite Polymerschicht 21 und/oder eine zweite Glasschicht 23 umfasst, wobei die relative Permittivität der jeweiligen zweiten Schicht 21, 23 bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz bei unter 5,5 liegt, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Oberfläche 13, 15, 17, 19 so angeordnet sind, dass die elektromagnetische Strahlung, wenn sie sich durch die Isolierverglasungseinheit 1 ausbreitet, sich auch durch die erste, zweite, dritte und vierte Oberfläche 13, 15, 17, 19 ausbreitet; und
- eine strukturierte Beschichtung 25 mit einer thermischen Emissivität von weniger als etwa 20 %, die auf einer oder mehreren der Oberflächen angeordnet ist, wobei die Beschichtung in elektrisch leitende Patches unterteilt ist, die elektrisch voneinander isoliert sind.

[0034] Wie oben erwähnt, ist es jedoch möglich, die Verglasungseinheit 1 so zu bauen, dass nur eine der Schichten der Verglasungseinheit die genannte Permittivitätsbedingung (die relative Permittivität der jeweiligen Schicht liegt unter 5,5) im genannten Frequenzbereich oder in einem eingeschränkteren Bereich, z. B. 300 MHz bis 20 GHz oder 300 MHz bis 6 GHz, erfüllt. Gemäß einem anderen Beispiel würden zwei oder mehr der Schichten (z. B. alle Schichten oder eine oder mehrere Schichten jeder Fensterscheibe) der Verglasungseinheit die obige Permittivitätsbedingung erfüllen.

[0035] Figur 3 zeigt einige Simulationsergebnisse für die in Figur 1b gezeigte Konfiguration, wobei die Fensterscheiben 3, 5 aus Borosilikat- und Polycarbonatschichten bestehen. Es wird ein 2x2-MIMO-System angenommen, das sowohl am Sender als auch am Empfänger mit einer s-polarisierten und einer p-polarisierten Antenne implementiert ist. Der Übertragungsverlust wird als Funktion des Einfallswinkels angezeigt. In der vorliegenden Simulation ist die ankommende Welle im Wesentlichen horizontal. Das Design von Figur 1b umfasst sieben Schichten 21, 23, und die Querschnittsdicken dieser Schichten 21, 23 von links nach rechts sind wie folgt: 2 mm, 2 mm, 1 mm, 1 mm, 4 mm und 2 mm. Die Spaltbreite, d.h. der räumliche Abstand der beiden Fensterscheiben 3, 5, beträgt 20 mm. Der Übertragungsverlust ist gegen die Einfallswinkel zwischen 0 und 85 Grad bei 3,5 GHz aufgetragen. Für die Beschichtung 25 mit den folgenden Abmessungen von 1 mm (Δy , Höhe) $\times$ 1 mm (Δx Länge), 1 mm (Δy) $\times$ 2 mm (Δx), 1 mm (Δy) $\times$ 3 mm (Δx) und 1 mm (Δy) $\times$ 4 mm (Δx) wurden rechteckige Patchformen gemäß dem Muster von Figur 2a verwendet. In Figur 3 veranschaulichen die verschiedenen Kurven, wie in der Legende von Figur 3 erläutert, die Simulationsergebnisse für verschiedene Patchgrößen und/oder Polarisationen. Der Übertragungsverlust für die senkrechte Polarisation bleibt für alle Patches im Wesentlichen unverändert und wird daher nur einmal für die Patchgröße 1 mm $\times$ 1 mm als Referenz aufgetragen. Die asymmetrische Strukturierung der Low-e-Beschichtung 25 verringert geringfügig die Signalstärke der parallelen, polarisierten, einfallenden Welle, wodurch das Pfadverlustungleichgewicht (<3 dB bei 1 mm $\times$ 3 mm) für die beiden Polarisationen weiter verbessert wird.

[0036] Auch wenn die Erfindung in den Zeichnungen und der vorstehenden Beschreibung detailliert dargestellt und beschrieben wurde, sind solche Darstellungen und Beschreibungen nur als illustrativ oder beispielhaft und nicht einschränkend anzusehen, so dass die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt ist. Andere Ausführungsformen und Varianten sind bekannt und können vom Fachmann bei der Ausführung der beanspruchten Erfindung auf Grundlage der Zeichnungen, der Offenbarung und der angehängten Ansprüche erreicht werden. Weitere Varianten können erreicht werden, indem die Lehren einer der oben erläuterten Ausführungen kombiniert werden.

[0037] In den Ansprüchen schließt das Wort „umfassend“ andere Elemente oder Schritte nicht aus, und der unbestimmte Artikel „ein“ oder „eine“ schließt eine Mehrzahl nicht aus. Die bloße Tatsache, dass unterschiedliche Merkmale in voneinander abhängigen Ansprüchen aufgeführt sind, bedeutet nicht, dass eine Kombination dieser Merkmale nicht vorteilhaft verwendet werden kann. Referenzzeichen in den Ansprüchen sollten nicht so ausgelegt werden, dass sie den Umfang der Erfindung einschränken.

Patentansprüche

1. Verglasungseinheit (1) mit einer Mehrzahl von Fensterscheiben (3, 5), die dazu geeignet sind, elektromagnetische Strahlung mit geringem Übertragungsverlust durchzulassen, wobei die Verglasungseinheit (1) umfasst:
 - eine erste Fensterscheibe (3), die mindestens eine erste Oberfläche (13) und eine zweite Oberfläche (15) definiert, wobei die erste Fensterscheibe (3) eine erste Polymerschicht (21) und/oder eine erste Glasschicht (23) umfasst;
 - eine zweite Fensterscheibe (5), die mindestens eine dritte Oberfläche (17) und eine vierte Oberfläche (19) definiert, wobei die zweite Fensterscheibe (5) eine zweite Polymerschicht (21) und/oder eine zweite Glasschicht (23) umfasst, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Oberfläche (13, 15, 17, 19) so angeordnet sind, dass sich die elektromagnetische Strahlung beim Ausbreiten durch die Verglasungseinheit (1) auch durch die erste, zweite, dritte und vierte Oberfläche (13, 15, 17, 19) ausbreitet; und
 - eine Beschichtung (25) mit einer thermischen Emissivität von weniger als etwa 20 %, die auf einer oder mehreren der Oberflächen (13, 15, 17, 19) angeordnet ist, wobei die Beschichtung (25) in elektrisch leitende Patches (29) unterteilt ist, die voneinander elektrisch isoliert sind, wobei die relative Permittivität von mindestens einer Schicht der ersten Polymerschicht (21) und/oder der ersten Glasschicht (23) und/oder der zweiten Polymerschicht (21) und/oder der zweiten Glasschicht (23) bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz unter 5,5 liegt, wobei ein oder mehrere der Patches (29) eine längliche Form haben.
2. Verglasungseinheit (1) nach Anspruch 1, wobei eine Längenausdehnungsdimension (D1) des einen oder der mehreren Patches (29) entlang einer ersten Achse größer ist als eine Höhenausdehnungsdimension (D2) des einen oder der mehreren Patches (29) entlang einer zweiten, anderen Achse, wobei die erste Achse im Wesentlichen horizontal einer jeweiligen Patchfläche folgt und die zweite Achse der jeweiligen Patchfläche orthogonal zur ersten Achse folgt.
3. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens ein Drittel der jeweiligen Oberfläche (13, 15, 17, 19), auf der die Beschichtung (25) angeordnet ist, mit Patches (29) bedeckt ist, die eine längliche Form aufweisen.
4. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich der eine oder die mehreren Patches (29) im Wesentlichen horizontal erstrecken.
5. Verglasungseinheit (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei ein Verhältnis einer ersten Längsabmessung zu einer zweiten, orthogonalen Abmessung des jeweiligen Patches zwischen 1,3 und 8 liegt.
6. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Patches (29) durch lasergravierte Einschnitte in der Beschichtung (25) voneinander getrennt sind.

7. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Patches (29) durch einen Abstand im Bereich von 0,001 mm bis 0,5 mm voneinander getrennt sind.
8. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Glasschichten (23) aus Borosilikat- und/oder Kalknatronglas gefertigt sind und die Polymerschichten (21) aus mindestens einem der folgenden Materialien gefertigt sind: Polycarbonatpolymer, Acrylglas und Polyethylenterephthalat.
9. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eine der ersten und zweiten Fensterscheiben (3, 5) ein laminiertes Element ist.
10. Verglasungseinheit (1) nach Anspruch 9, wobei das laminierte Element durch die jeweiligen Polymer- und Glasschichten (21, 23) gebildet wird, die mittels einer jeweiligen Zwischenschicht zwischen den jeweiligen Polymer- und Glasschichten (21, 23) miteinander verbunden sind.
11. Verglasungseinheit (1) nach Anspruch 10, wobei die jeweilige Zwischenschicht mindestens eines der folgenden Materialien umfasst: Polyvinylbutyral, Ethylen-Vinylacetat, thermoplastisches Polyurethan und Polyolefinelastomer.
12. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verglasungseinheit (1) einen Raum (11) zwischen der ersten und der zweiten Fensterscheibe (3, 5) umfasst und wobei die Beschichtung (25) mindestens auf einer der Flächen (15, 17), die dem Raum (11) zugewandt sind, angeordnet ist.
13. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verglasungseinheit (1) ferner eine dritte Fensterscheibe (6) umfasst, die eine dritte Polymerschicht (21) und/oder eine dritte Glasschicht (23) umfasst, wobei die relative Permittivität der jeweiligen dritten Schicht (21, 23) bei einer oder mehreren Frequenzen im Bereich von 300 MHz bis 70 GHz unter 5,5 liegt.
14. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einige der Patches (29) eine Länge im Bereich von 0,5 mm bis 20 mm aufweisen.
15. Verglasungseinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Fensterscheibe (3) und die zweite Fensterscheibe (5) jeweils eine Polymerschicht umfassen, die zwischen zwei Polymerschichten angeordnet ist.

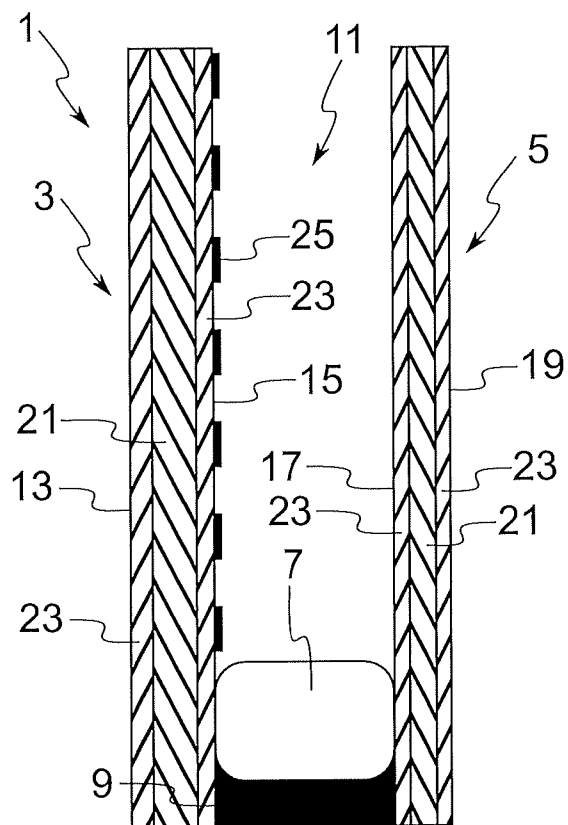


Fig. 1a

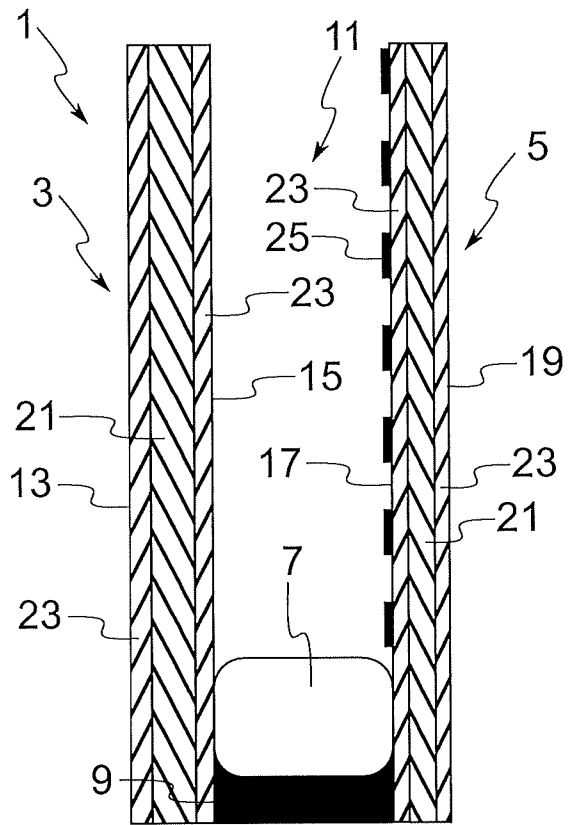


Fig. 1b

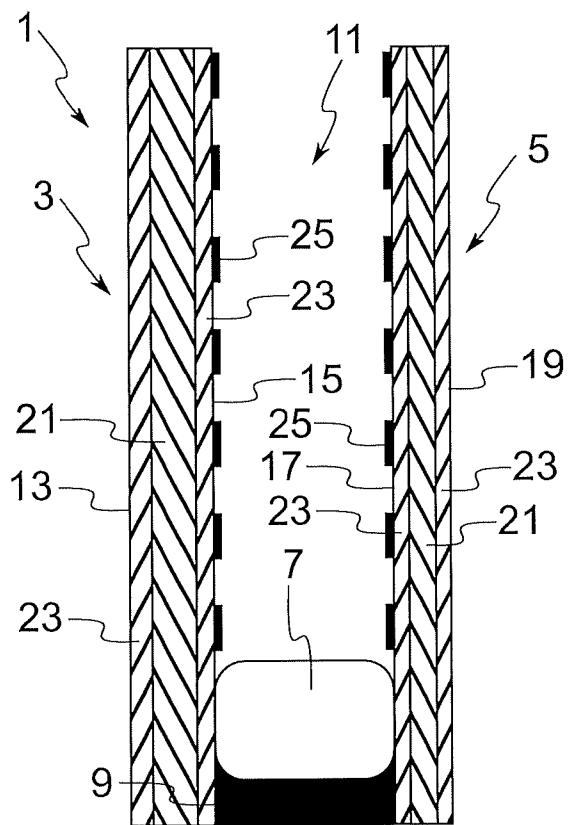


Fig. 1c

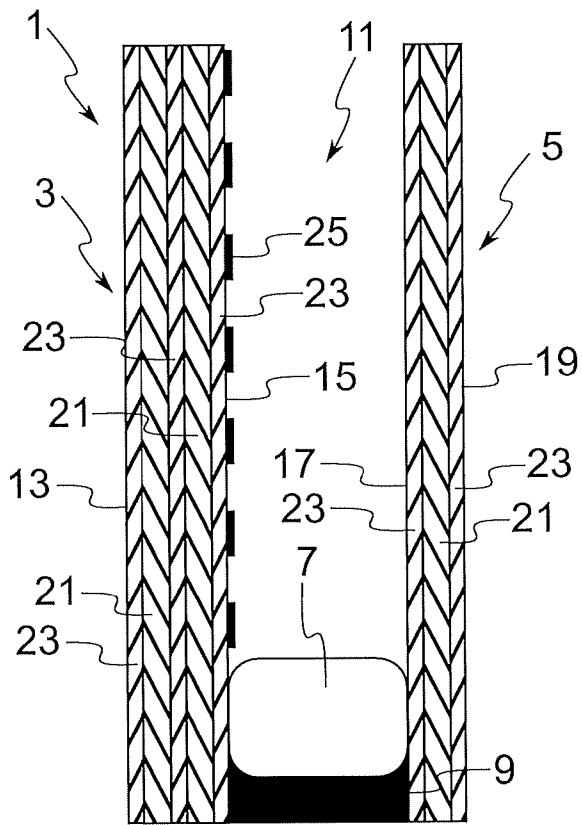


Fig. 1d

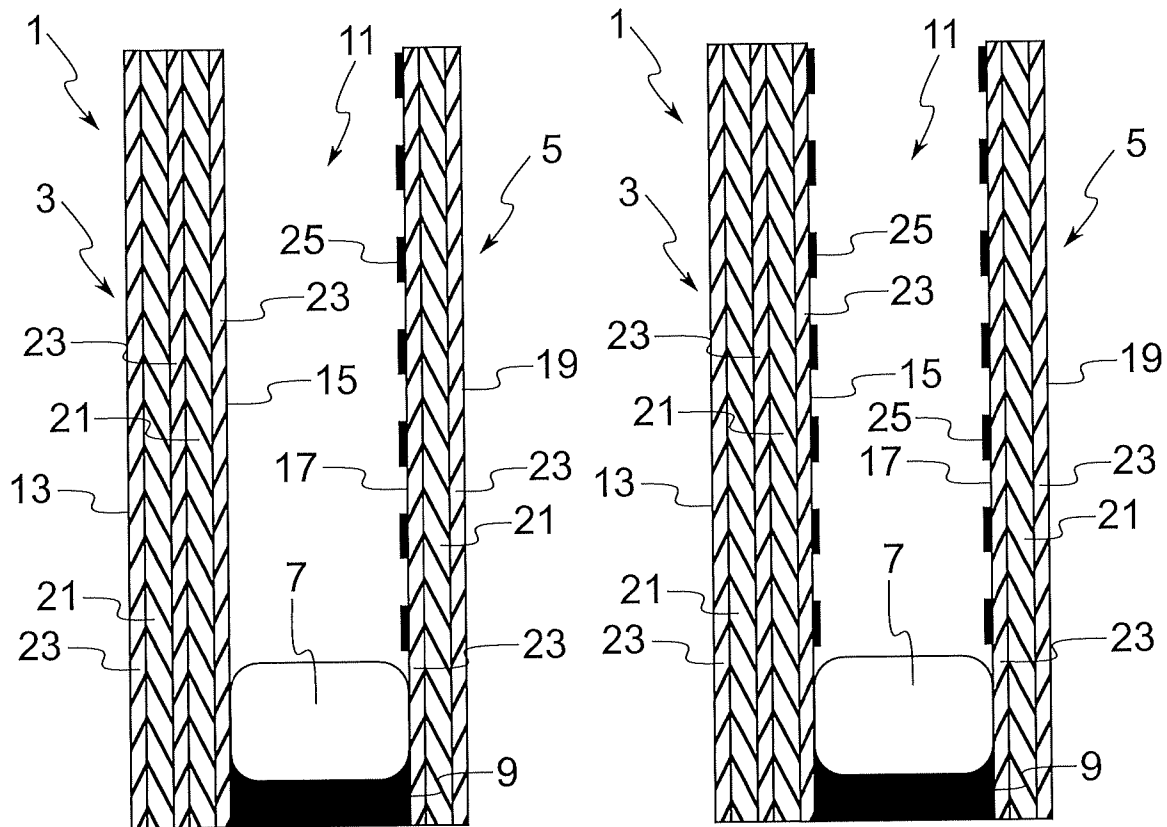


Fig. 1e

Fig. 1f

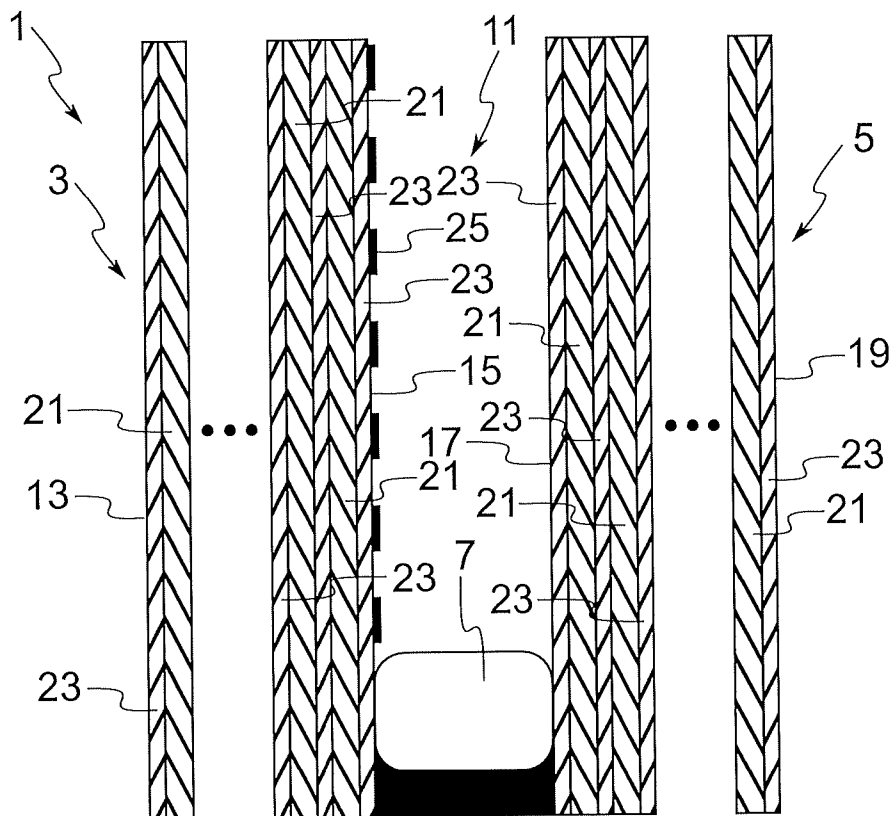


Fig. 1g

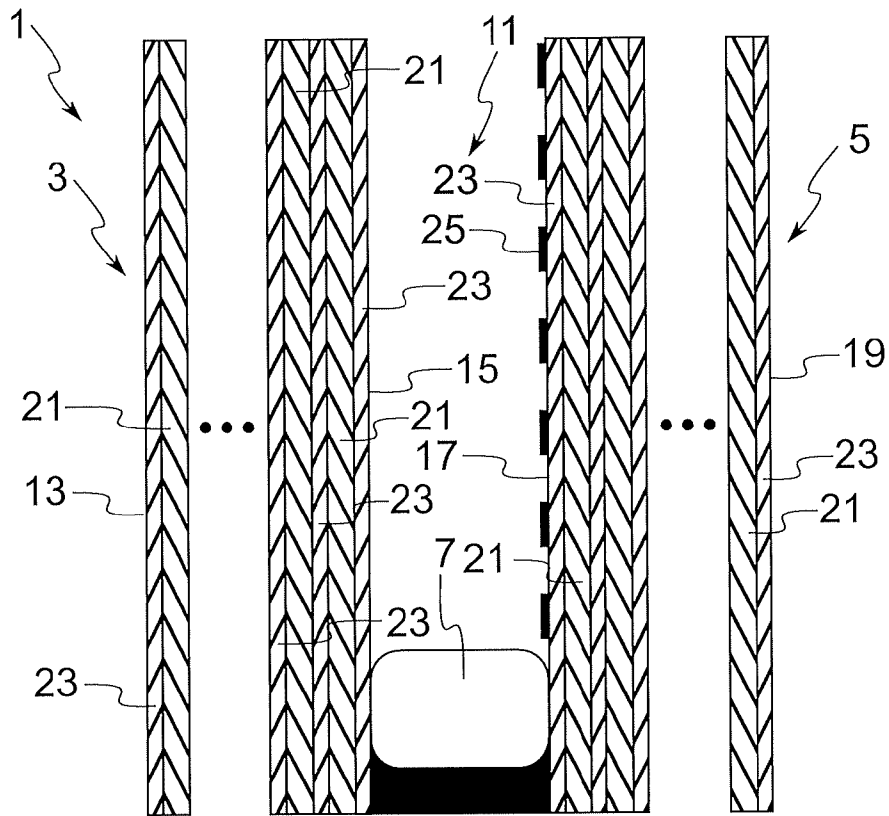


Fig. 1h

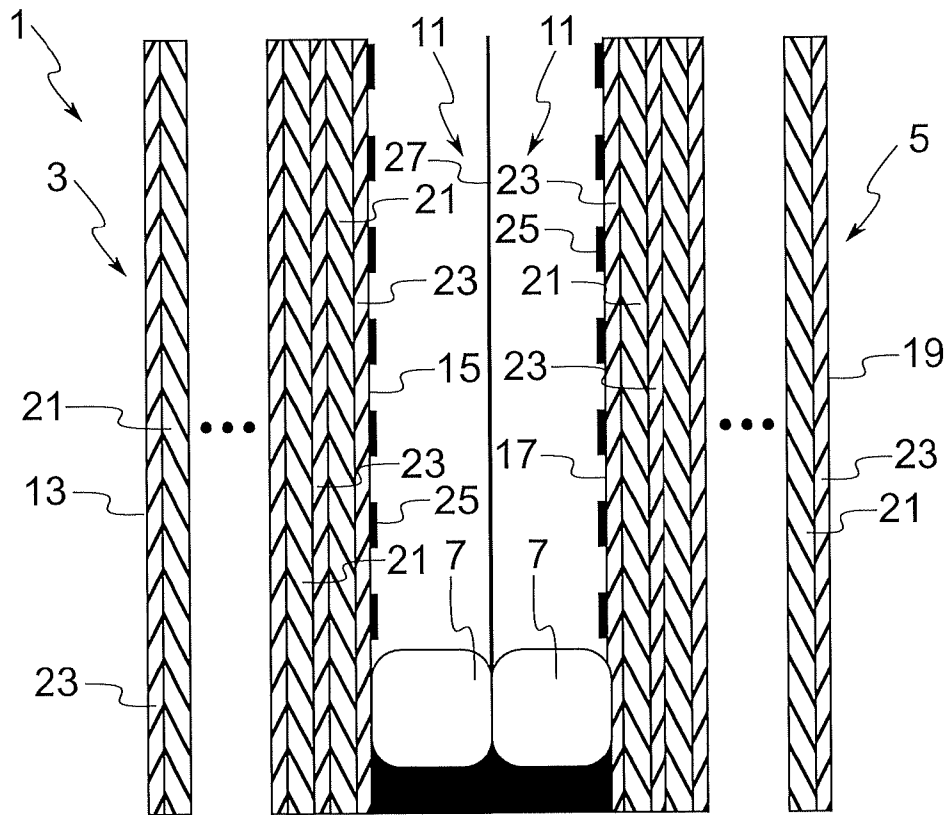


Fig. 1i

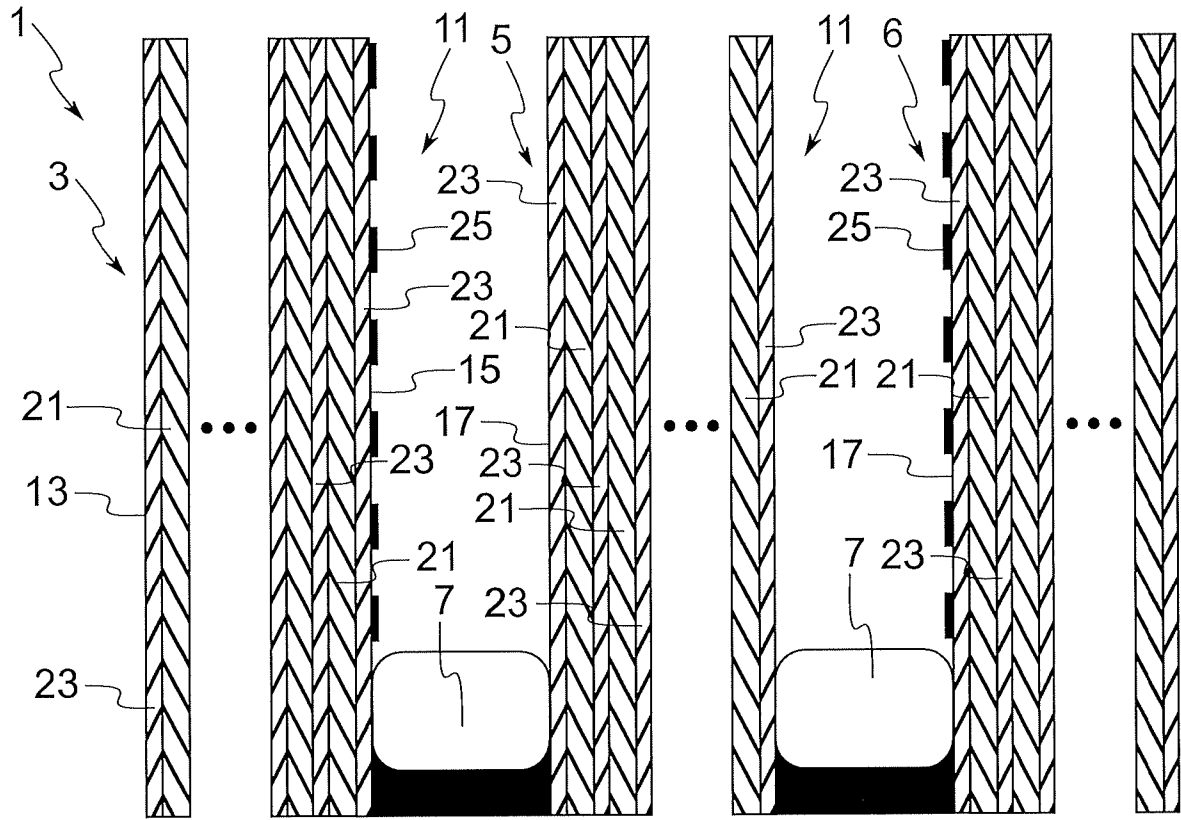


Fig. 1j

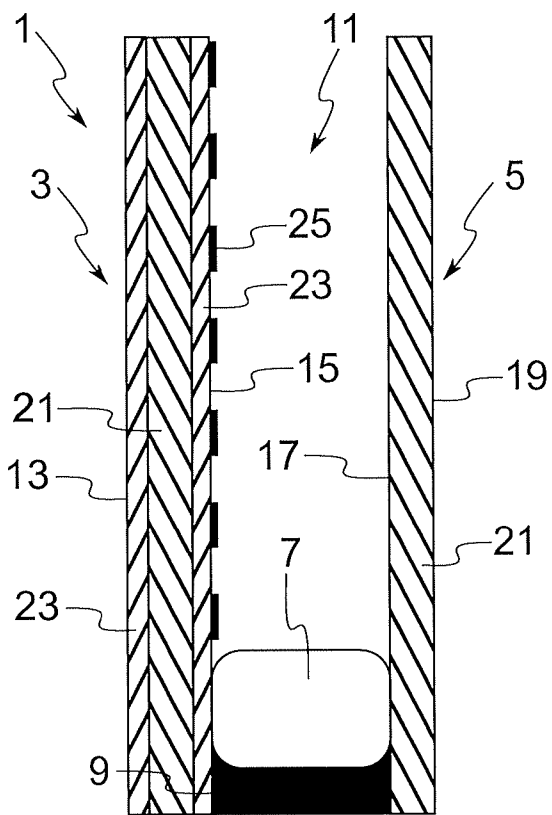


Fig. 1k

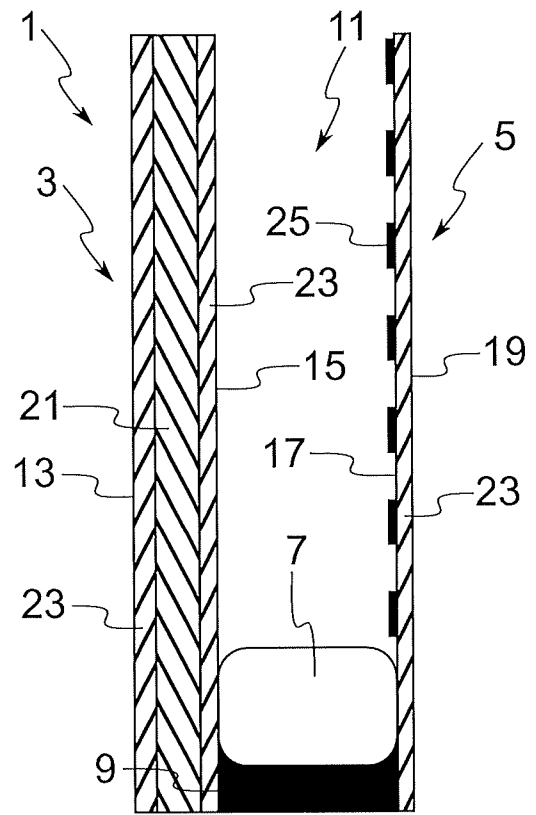


Fig. 1l

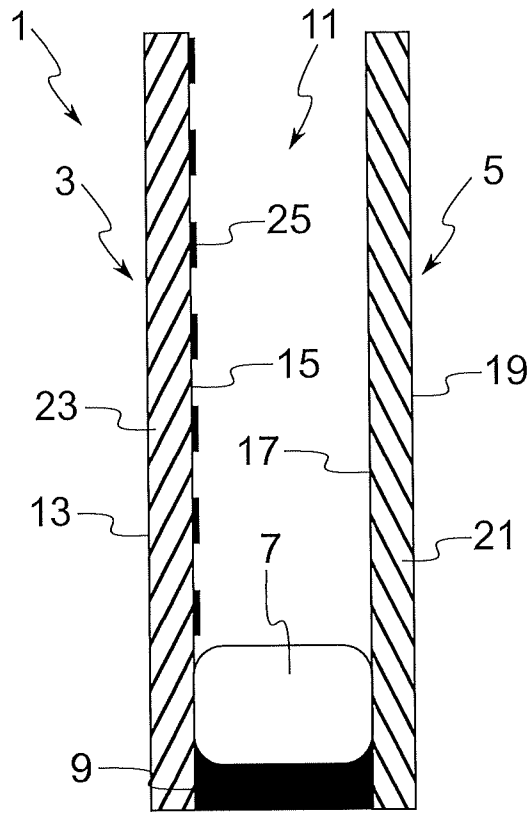
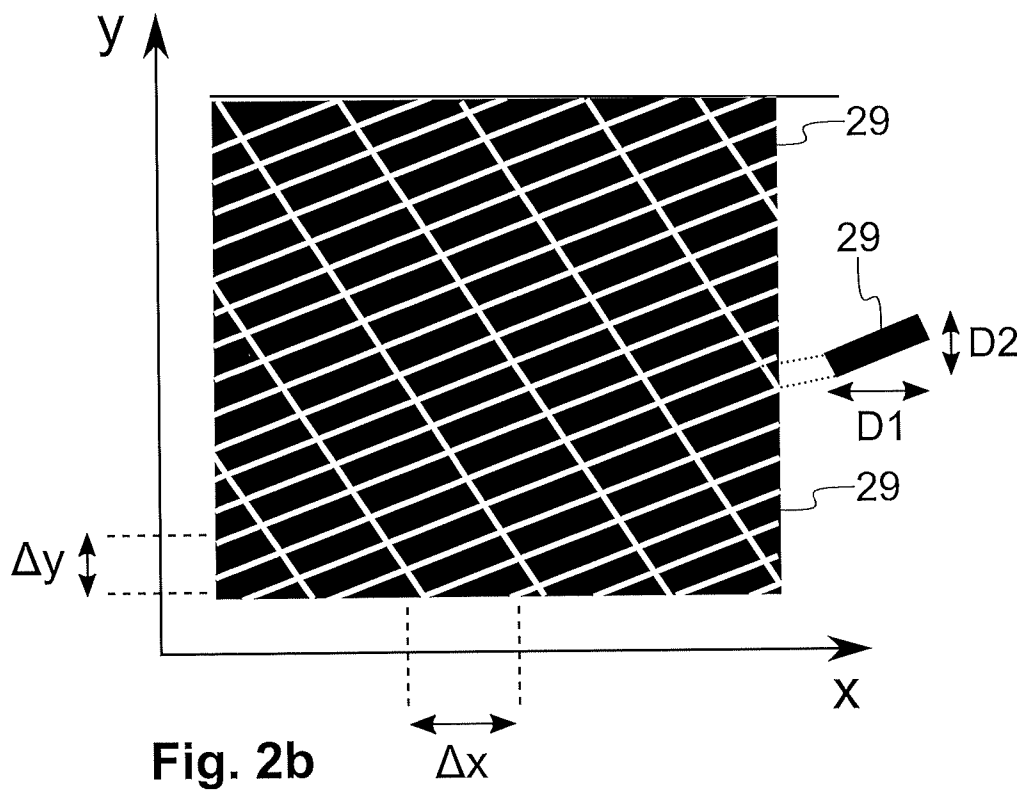
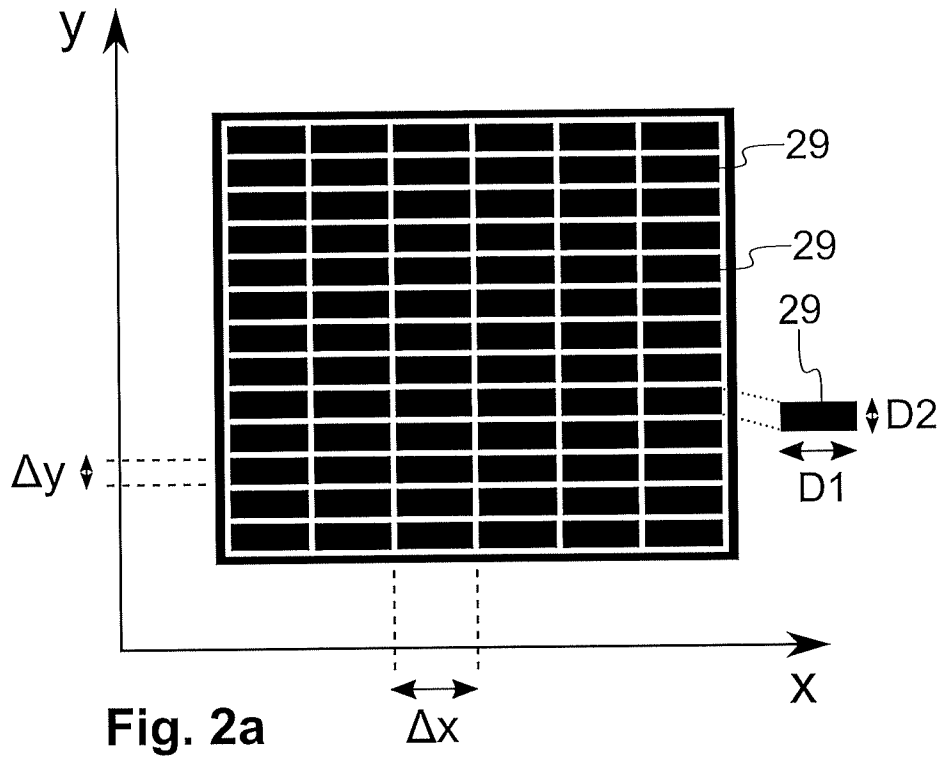
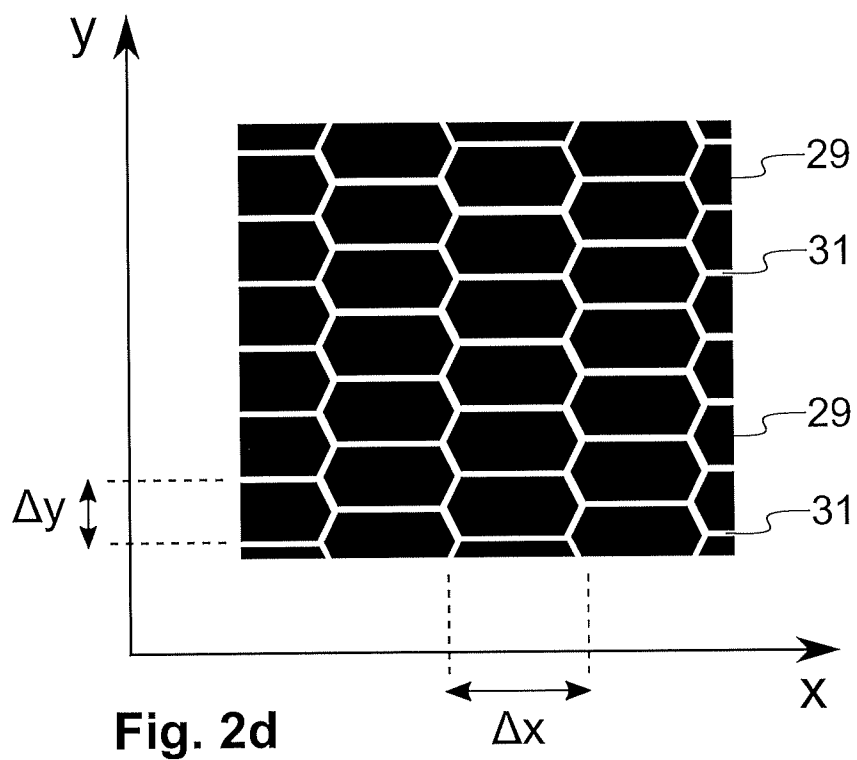
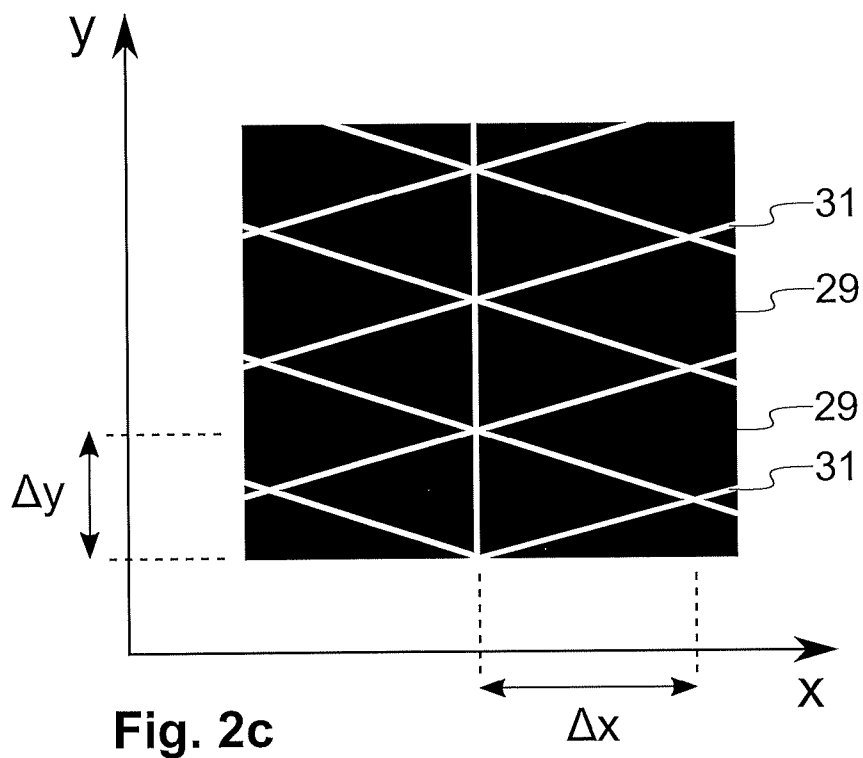
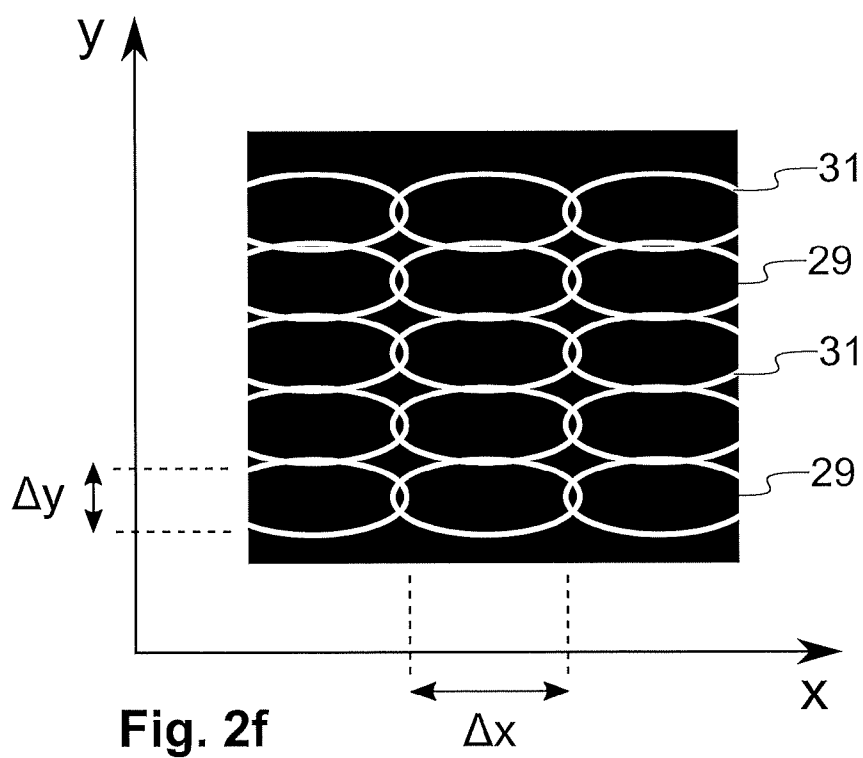
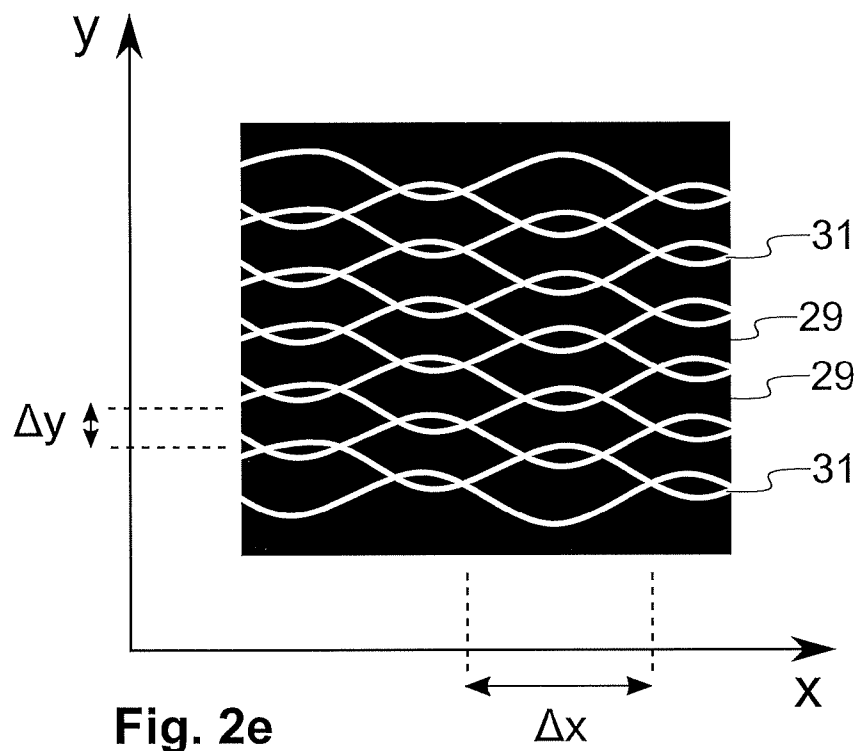
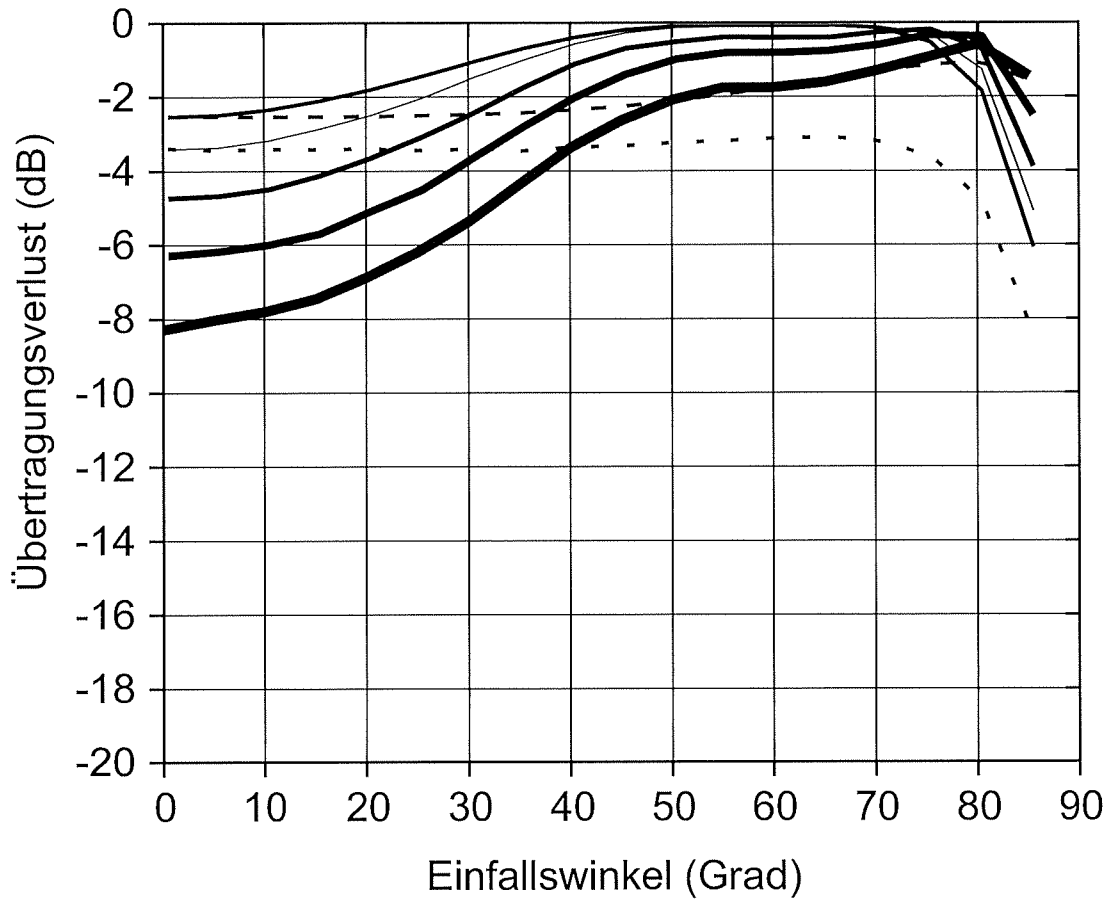


Fig. 1m









— Parallel ohne low-e-Beschichtung
 - - - Senkrecht ohne low-e-Beschichtung
 — Parallel mit low-e 1x1-mm-Beschichtung
 - - - Senkrecht mit low-e 1x1-mm-Beschichtung
 — Parallel mit low-e 1x2-mm-Beschichtung
 — Parallel mit low-e 1x3-mm-Beschichtung
Fig. 3 — Parallel mit low-e 1x4-mm-Beschichtung