



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 039 577 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.09.2000 Patentblatt 2000/39

(51) Int. Cl.⁷: **H01Q 17/00**, H01Q 15/24,
E06B 3/66, E06B 5/18

(21) Anmeldenummer: **00105636.5**

(22) Anmeldetag: **16.03.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **26.03.1999 DE 19913827**
25.06.1999 DE 19929081

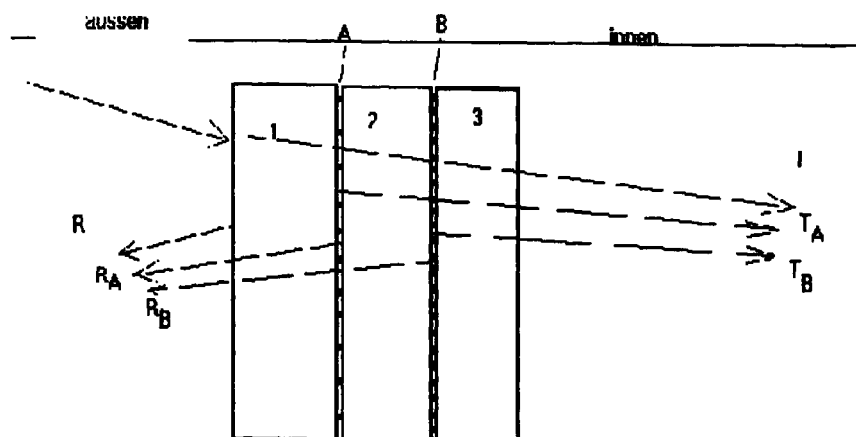
(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Frye, Andreas, Dr.**
28816 Stuhr (DE)
• **Kebel, Robert**
27339 Riedl (DE)
• **Gerke, Heimfried, Dr.**
28199 Bremen (DE)

(54) **Radarabsorbierende Verbundglasscheibe**

(57) Es wird eine radarabsorbierende Verbundglas-
scheibe beschrieben, die aus wenigstens drei miteinan-
der verbundenen Glasschichten besteht, wobei
zwischen der äußeren Scheibe und der mittleren
Scheibe eine erste Schicht paralleler fadenförmiger
elektrischer Leiter angeordnet ist und zwischen der
mittleren Scheibe und der inneren Scheibe eine zweite

Schicht fadenförmiger elektrischer Leiter vorgesehen
ist, und wobei der Abstand der Schichten so bemessen
ist, dass sich die von den beiden Schichten sowohl nach
außen wie nach innen abgestrahlten Anteile in der
Phase um $n \times \lambda/4$ der Wellenlänge der einfallenden
elektromagnetischen Strahlung unterscheiden.



EP 1 039 577 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine radarabsorbierende Verbundglasscheibe, bestehend aus wenigstens drei miteinander verbundenen Glasschichten, wobei im Bereich der Außenscheibe eine Schicht von parallelen drahtförmigen elektrischen Leitern vorgesehen ist, die in einem bestimmten Winkel zur Polarisationsrichtung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung angeordnet sind.

[0002] Eine ähnliche Bauweise einer Fensterverglasung mit radarabsorbierenden Eigenschaften ist bereits aus der DE 42 27 032 C1 bekannt geworden. Diese besteht aus einer Außenscheibe, die als zusammengefügte Doppelscheibe ausgeführt sein kann, in der eine Schicht mit parallel verlaufenden drahtförmigen Leitern angeordnet ist. Die Verglasung ist nach dem Prinzip des Jaumannabsorbers aufgebaut, d.h. der im Bereich der Außenscheibe reflektierte Anteil der einfallenden elektromagnetischen Strahlung wird derjenige Anteil der Strahlung, der von der im Abstand von etwa $\frac{1}{4}$ der Betriebswellenlänge angeordneten Reflexionsschicht auf der Innenscheibe überlagert, wobei aufgrund der Gegenphasigkeit beider Anteile eine Auslöschung stattfindet. Die beschriebene Verglasung hat sich in der Anwendung bewährt. Bei der Herstellung derartiger Verglasungen ergibt sich jedoch das Problem, dass die beiden Schichten, die jeweils einen definierten Anteil der einfallenden elektromagnetischen Strahlung reflektieren, in einem größeren Abstand angeordnet werden müssen, der in der Regel eine zweischichtige Verglasung mit eingeschlossener Luftschicht erfordert. Außerdem ist es nicht in jedem Anwendungsfall erwünscht, dass eine metallische Reflexionsschicht auf einer der Scheiben aufgebracht ist, da hierdurch der Grad der Transparenz der Verglasung beeinflusst wird.

[0003] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Bauweise für radarabsorbierende Verglasungen anzugeben, die eine kompaktere Bauweise erlaubt und eine höhere Transparenz gegenüber bekannten Ausführungsformen aufweist, die leicht herstellbar und als Fertigprodukt kontrollierbar ist, und die in einem einzigen Verbundglas eine Anpassung an die am Einbauort gegebenen Verhältnisse ermöglicht.

[0004] Diese Aufgabe wird in einfacher Weise dadurch gelöst, dass zwei Schichten fadenförmiger elektrischer Leiter zwischen den Scheiben eines dreischichtigen Verbundglases angeordnet sind, deren Abstand so bemessen ist, dass sowohl die nach außen wie nach innen abgestrahlten Anteile der einfallenden elektromagnetischen Strahlung sich in der Phase um $n \times \lambda/4$ der Wellenlänge unterscheiden, wobei der Abstand der einzelnen fadenförmigen Leiter in der ersten Schicht kleiner oder gleich dem Abstand der einzelnen fadenförmigen Leiter in der zweiten Schicht ist. Weitere Ausgestaltungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0005] Die besonderen Vorteile der erfindungs-

gemäßen Bauweise liegen einmal darin, dass gegenüber der bekannten Bauform eine wesentlich dünnere Ausführung der radarabsorbierenden Verbundglasscheibe erzielt wird, die sich auch durch vereinfachte Herstellbarkeit auszeichnet, und zum anderen darin, dass aufgrund der phasenschiebenden Eigenschaft jeder der beiden Leiterschichten sowohl die in Einfallsrichtung der elektromagnetischen Strahlung reflektierten Anteile ausgelöscht werden und zum anderen sich auch die transmittierten Anteile der Strahlung aufgrund des gewählten Abstandes zwischen der äußeren und der inneren Schicht der fadenförmigen elektrischen Leiter gegenseitig aufheben. Deshalb wird neben einer hohen Reflexionsdämpfung auch eine hohe Transmissionsdämpfung erzielt.

[0006] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

[0007] Die einzige Figur der Zeichnung zeigt einen Schnitt durch eine Verbundglasscheibe mit drei Scheiben (1, 2, 3), die mittels nicht näher bezeichneten Klebeschichten miteinander verbunden sind. In den Klebeschichten sind eine erste Schicht A und eine zweite Schicht B aus parallelen fadenförmigen elektrischen Leitern L vorgesehen.

[0008] Bei einer Dimensionierung der Verbundglasscheibe für eine Betriebsfrequenz von 1 GHz ergeben sich folgende vorteilhafte Bemaßungen. Die Dicke der äußeren Scheibe 1 beträgt etwa 3 - 6 mm, die der mittleren Scheibe 2 etwa 10 - 18 mm und die der inneren Scheibe 3 etwa 3 - 6 mm. Der Abstand d zweier benachbarter elektrischer Leiter L der ersten Schicht A wird im Bereich 16 - 22 mm gewählt. Der Abstand d zweier benachbarter elektrischer Leiter L der Schicht B beträgt 10 - 22 mm. Der Durchmesser der fadenförmigen elektrischen Leiter L soll kleiner als 0,1 mm sein, damit die optische Transparenz nicht wesentlich eingeschränkt wird.

[0009] Die Dimensionierung des Abstandes d der parallel verlaufenden fadenförmigen elektrischen Leiter und deren Winkel zur Polarisationsrichtung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung S beeinflussen wesentlich die Intensität der Reflexionsunterdrückung. Unter der Voraussetzung, dass die erfindungsgemäße Fensterverglasung das Funktionsprinzip des bekannten Jaumannabsorbers benutzt, erfolgt die dazu erforderliche Abstimmung der Amplituden und Phasen der jeweiligen Anteile der elektromagnetischen Strahlung mittels des Abstandes der fadenförmigen Leiter L untereinander und mittels des Abstandes der ersten Schicht A zu der zweiten Schicht B, welcher durch die Dicke der mittleren Scheibe bestimmt ist.

[0010] Aus der Dimensionierung der genannten Abstände ergibt sich auch der Reflexionsfaktor der Verbundglasscheibe. Im Rahmen der vorgeschlagenen Dimensionierung wird ein Oberflächenwellenwiderstand im Bereich von 40 bis 800 Ω / erreicht. Dabei wird ein Anteil R_A von kleiner oder gleich 40 % der einfallen-

den elektromagnetischen Strahlung S wieder reflektiert. Von dem durch die erste Schicht A hindurchtretenden Anteil T_A der Strahlung S wird an der zweiten Schicht B ebenso ein gleichgroßer Anteil R_B reflektiert, der zu dem im Bereich der ersten Schicht A reflektierten Anteil R_A der elektromagnetischen Strahlung S gegenphasig ist. Damit sind die Bedingungen für eine Absorption nach dem Jaumannprinzip erfüllt. Auch die von den beiden Schichten A und B transmittierten Anteile der elektromagnetischen Strahlung S unterliegen der Bedingung der Gegenphasigkeit und löschen sich demzufolge aus.

[0011] Der durch die parallelen fadenförmigen elektrischen Leiter L erzeugte Reflexionsfaktor ist stark abhängig von der Polarisationsrichtung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung. Aus diesem Grund sind die Leiter L im Ausführungsbeispiel im Bereich um 45° zur Polarisationsrichtung angeordnet. Die Lage der Leiter L innerhalb der Verbundglasscheibe ist beim Herstellungsprozess leicht an die Anforderungen anpassbar. Die Anpassung an die Verhältnisse am Einbauort erfolgt dadurch, dass der optimale Drehwinkel zur vorherrschenden Polarisationsrichtung eingestellt wird. Die parallel verlaufenden fadenförmigen Leiter L wirken dabei ähnlich wie eine homogene Widerstandsschicht und weisen darüber hinaus einen definierten und einstellbaren Oberflächenwiderstand auf.

[0012] Der Abstand d der fadenförmigen Leiter L untereinander beeinflusst den äquivalenten Flächenwiderstand der Fensterverglasung. Wird bei einer Betriebswellenlänge von 1 GHz der Abstand d kleiner als 10 mm gewählt, ergibt sich ein zu niedriger Flächenwiderstand. Bei großem Drahtabstand ($d > 30$ mm) wirkt die Anordnung nicht mehr homogen, da die Leiter L als diskrete Strahlungselemente zu wirken beginnen. Dadurch verschlechtert sich zunehmend die Reflexionsunterdrückung.

[0013] Der Durchmesser der fadenförmigen elektrischen Leiter L wird möglichst klein gewählt. Bei einem Durchmesser im Bereich von 0,1 bis 0,01 mm ergibt sich eine hervorragende optische Transparenz der Verbundglasscheibe. Die Verarbeitung dieser dünnen fadenförmigen Leiter ist noch mit vertretbarem Aufwand möglich.

[0014] In der angegebenen Dimensionierung und der vorgeschlagenen Anordnung wirken die fadenförmigen elektrischen Leiter L nicht wie eine Anordnung flächig verteilter diskreter Strahlungselemente, die aufgrund ihrer Frequenzselektivität schmalbandig wirksam sind. Die Gesamtheit der fadenförmigen elektrischen Leiter L wirkt vielmehr als homogene Schicht mit genau definierter Oberflächenleitfähigkeit und besitzt darüber hinaus noch den Vorteil der hohen optischen Transparenz. Im Detail ist natürlich davon auszugehen, dass der einzelne fadenförmige elektrische Leiter L ähnlich einer mittels der einfallenden elektromagnetischen Strahlung angeregten, rundstrahlenden Antenne arbeitet.

[0015] Die erste Schicht A weist dabei einen negativen Phasengang auf, wodurch sich die elektrisch wirksame Reflexionsebene etwas nach außen verschiebt. Die zweite Schicht B weist einen positiven Phasengang auf, der dazu führt, dass sich der (virtuelle) Ort der elektrisch wirksamen Reflexionsebene bezüglich der Verbundglasscheibe nach innen verschiebt. Dieser besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung wird durch die Wechselwirkung der Drähte der Schicht B mit den Drähten der Schicht A erreicht. Die Phasenlage der von der Schicht B abgestrahlten Anteile der elektromagnetischen Strahlung wird durch die charakteristischen Merkmale der Schicht A beeinflusst, d. h., dass die Eigenschaft der Phasenverschiebung an den beiden Schichten nur dann auftritt, wenn beide Schichten aus fadenförmigen elektrischen Leitern bestehen. Der Abstand $\lambda/4$ der beiden Schichten A und B versteht sich in diesem Zusammenhang als der elektrisch wirksame Abstand zwischen den (virtuellen) Orten, an denen die Schichten aufgrund der beschriebenen Phasenverschiebungen wirksam werden. Aufgrund dieser Eigenschaft ist ein tatsächlicher Abstand zwischen den Schichten A und B möglich, der deutlich kleiner als das Maß $\lambda/4$ der Betriebswellenlänge ist, obwohl bezüglich der elektrischen Wirksamkeit ein $\lambda/4$ -Abstand vorliegt. Somit beträgt im Ausführungsbeispiel der Abstand der Schicht A zur Schicht B real 12 bis 20 mm gegenüber einem Wert von $\lambda/4$ von 72 mm. Die Maßgabe nach Jaumann wird somit als Wirkprinzip angewendet und dient nicht zur Festlegung der geometrischen Orte der Schichten A und B.

[0016] Darüber hinaus muss bei der Dimensionierung auch die Dielektrizitätskonstante des Glasmaterials berücksichtigt werden. Im Ausführungsbeispiel wurde dabei von Floatglas mit einem ϵ_R von 5,5 bis 7,5 ausgegangen.

[0017] Das erfindungsgemäße radarabsorbierende Verbundglas lässt sich auf einfache Weise an die örtlichen Gegebenheiten bei Gebäuden anpassen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, diese Bauweise auch bei beweglichen Geräten wie Kraftfahrzeugen oder Flugzeugen zur Anwendung zu bringen.

Patentansprüche

1. Radarabsorbierende Verbundglasscheibe, bestehend aus wenigstens drei miteinander verbundenen Glasschichten (1,2, 3), wobei im Bereich der Außenscheibe (1) eine Schicht (A) von parallelen drahtförmigen elektrischen Leitern (L) vorgesehen ist, die in einem bestimmten Winkel (α) zur Polarisationsrichtung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung angeordnet sind, **gekennzeichnet** durch folgende Merkmale

- a) zwischen der äußeren Scheibe (1) und der mittleren Scheibe (2) ist eine erste Schicht (A) paralleler fadenförmiger elektrischer Leiter (L)

angeordnet und zwischen der mittleren Scheibe (2) und der inneren Scheibe (3) ist eine zweite Schicht (B) fadenförmiger elektrischer Leiter (L) vorgesehen,

5

b) der Abstand der Schichten (A, B) ist so bemessen, dass sich die von den beiden Schichten sowohl nach außen wie nach innen abgestrahlten Anteile (R_A , R_B) in der Phase um $n \times \lambda/4$ der Wellenlänge der einfallenden elektromagnetischen Strahlung unterscheiden,

10

c) der Abstand (d) der einzelnen fadenförmigen elektrischen Leiter (L) der ersten Schicht (A) ist kleiner oder gleich dem Abstand der einzelnen fadenförmigen Leiter der zweiten Schicht (B).

15

2. Radarabsorbierende Verbundglasscheibe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Längsachsen der parallelen fadenförmigen elektrischen Leiter (L) in einem bestimmten Winkel (α) zur Polarisationsrichtung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung, vorzugsweise im Bereich von 20° bis 90° angeordnet werden.

20

25

3. Radarabsorbierende Verbundglasscheibe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Frequenz von 1 GHz der Abstand (d) in der ersten Schicht (A) 10 - 22 mm und in der zweiten Schicht (B) 16 - 22 mm beträgt.

30

4. Radarabsorbierende Verbundglasscheibe nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstände der fadenförmigen Leiter (L) der Schichten (A und B) so gewählt werden, dass sich ein Flächenwiderstand des Verbundglases im Bereich von 40 bis 800Ω ergibt.

35

40

45

50

55

