



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 026 148.6**

(22) Anmeldetag: **10.07.2009**

(43) Offenlegungstag: **13.01.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02F 1/155** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**SAINT-GOBAIN SEKURIT Deutschland GmbH &  
Co. KG, 52066 Aachen, DE**

(74) Vertreter:  
**Lendvai, T., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat, Pat.-Ass.,  
52134 Herzogenrath**

(72) Erfinder:  
**Giron, Jean-Christophe, Dr., Eupen, BE;  
Bressand, Emily, 52070 Aachen, DE; Letocart,  
Philippe, Dr., Raeren, BE; Melcher, Martin, Dr.,  
52134 Herzogenrath, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

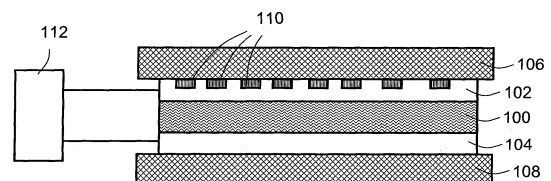
<b>DE</b>	<b>196 31 420</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>71 93 763</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>67 47 779</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2006/01 63 744</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>52 93 546</b>	<b>A</b>
<b>WO</b>	<b>2009/0 86 161</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2008/0 89 401</b>	<b>A3</b>

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrochrome Schichtstruktur und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrochrome Schichtstruktur mit mindestens einer aktiven Schicht (100) und mindestens zwei Elektroden (102; 104), wobei mindestens eine der Elektroden (102; 104) ein elektrisch leitfähiges Netzwerk (110; 202) von Leiterbahnen aufweist und die Leiterbahnen Nanoteilchen (300) enthalten, eine elektrochrome Vorrichtung, ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur sowie eine Verwendung einer elektrochromen Schichtstruktur und einer elektrochromen Vorrichtung.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektrochrome Schichtstruktur, eine elektrochrome Vorrichtung, ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur sowie eine Verwendung einer elektrochromen Schichtstruktur und einer elektrochromen Vorrichtung.

**[0002]** Fenster sind eine wichtige Komponente in Gebäuden. Während früher Fensterscheiben lediglich dem Zweck einer freien Durchsicht nach draußen dienten, werden heutzutage wesentlich höhere Anforderungen an Verglasungen gestellt. Zum einen sollen verglaste Flächen für eine ideale Wärmeisolation von Innenräumen dienen, zum anderen sollen sie jedoch auch dafür sorgen, dass bei Sonneneinstrahlung Innenräume aufgrund der Verglasung nur bis zu einem gewünschten Grad erwärmt werden. Eine mögliche Steuerung des Lichteinfalls durch verglaste Flächen kann beispielsweise durch bewegliche Jalousien reguliert werden. Eine andere Möglichkeit bietet sich durch Verglasungen, die ihre optischen Eigenschaften wie Transparenz und Reflektivität auf Knopfdruck oder selbständig verändern. Solch schaltbare Verglasungen bieten Architekten einen größeren gestalterischen Spielraum für verglaste Flächen, ohne dass bewegte Teile vor oder in einer Fassade benötigt werden.

**[0003]** Zu Verglasungen, die ihre optischen Eigenschaften auf Knopfdruck oder selbständig verändern, gehören auch elektrochrome Verglasungen. Elektrochrome Verglasungen arbeiten auf dem Prinzip, dass sich die optischen Eigenschaften elektrochromer Schichten mittels der Aufnahme und Abgabe von Ladungsträgern verändern. Wenn ein Strom fließt, findet ein Austausch von Ladungsträgern statt und die elektrochrome Schicht ändert ihre Durchlässigkeit für das Sonnenlicht.

**[0004]** Typischerweise enthalten elektrochrome Verglasungen eine aktive Schicht, welche von transparenten Elektroden eingefasst ist. Durch Anlegen einer externen Spannung werden Ladungsträger in die aktive Schicht transportiert, wodurch die aktive Schicht ihre Transparenz gegenüber sichtbarem Licht verändert. Wird anschließend eine umgekehrte Spannung angelegt, wird die Ladungsträgerwanderung rückgängig gemacht, sodass die ursprüngliche Transparenz wiederhergestellt wird. Die aktive Schicht enthält einen ionenleitenden Elektrolyten und elektrochromes Material. Das elektrochrome Material ändert seine Transmissionseigenschaften für elektromagnetische Strahlung mit Änderung seiner Oxidationsstufen. Der Elektrolyt kann aus anorganischem Material bestehen, wie es in EP 0 867 752 und EP 0 831 360 offenbart wird. Der Elektrolyt kann aber auch aus organischem Material bestehen, was in EP 0 253 713 und EP 0 382 623 beschrieben ist. Die aktive

Schicht kann dabei ganz oder teilweise in einem festen oder flüssigen Zustand vorliegen. Ein Elektrolyt mit festen und flüssigen Bestandteilen ist beispielsweise in der WO 2008/084168 offenbart. Enthalten die aktive Schicht und die Elektroden Polymer-Material, wird diese Kombination als all-polymeric elektrochromes System bezeichnet. Solche Systeme sind beispielsweise aus US 6,747,779 B1 bekannt.

**[0005]** Problematisch ist dabei, dass ein vollständiger Transparenzwechsel der aktiven Schicht bis zu mehreren Minuten in Anspruch nehmen kann. Dies stellt bei einfachen Gebäudeverglasungen kein Problem dar, ist jedoch für den Einsatz beispielsweise in Kraftfahrzeugen, Flugzeugen und Schienenfahrzeugen inakzeptabel. Es muss hier gewährleistet sein, dass bei einem spontanen externen Helldunkelwechsel, wie er zum Beispiel bei Einfahrt in einen Tunnel auftritt, eine sofortige Transparenzerhöhung der elektrochromen Verglasung stattfindet. Dasselbe gilt für Notfallsituationen, in welchen gefordert wird, dass eine maximale Transparenz von elektrochromen Verglasungen, beispielsweise in Kraftfahrzeugen, innerhalb von Sekundenbruchteilen gewährleistet ist.

**[0006]** Eine der Ursachen, welche zu einem zeitlich langsamen Umfärbeporgang der aktiven Schicht bei elektrochromen Verglasungen führt, ist die niedrige elektrische Leitfähigkeit der Elektroden, welche einen möglichen Stromfluss zur Transparenzveränderung der aktiven Schicht begrenzt.

**[0007]** Um dieses Problem zu umgehen, offenbart US 6,747,779 B1, zusätzlich eine der Elektroden mit einem elektrisch leitfähigen Netzwerk zu versehen. Dieses Netzwerk wird durch Metalldrähte oder unter Verwendung einer Paste. Die Paste enthält Silberteilchen und Glasfritten.

**[0008]** Die Verwendung einer leitfähigen Paste besitzt jedoch den Nachteil, dass die Verfahren zur Stabilisierung der Paste die Verwendung hoher Prozesstemperaturen erfordern. Die hohen Temperaturen sind insbesondere zum Schmelzen der Glasfritten und/oder Sintern der Silberteilchen erforderlich. Durch das Verfahren wird die aktive Schicht, die empfindlich gegen hohe Temperaturen ist, angegriffen. Alternative Niedertemperaturverfahren zur Stabilisierung und Aushärten von Pasten, sind andererseits sehr zeitaufwändig.

**[0009]** Die Bildung eines elektrisch leitfähigen Netzwerkes mit Metalldrähten ist materialintensiv, da Aufbringen von fertigen Metalldrähten eine höhere Menge an Metallmaterial erfordert als es für die geforderte elektrische Leitfähigkeit des Netzwerkes notwendig ist.

**[0010]** Bei der Bildung von elektrischen Netzwerken mit Metalldrähten ist auch zu beachten, dass die

Wahl der möglichen Netzwerk-Geometrien eingeschränkt ist.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte elektrochrome Schichtstruktur, eine verbesserte elektrochrome Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur zu schaffen.

**[0012]** Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine neue Verwendung einer verbesserten elektrochromen Schichtstruktur und einer verbesserten elektrochromen Vorrichtung zu finden.

**[0013]** Die der Erfindung zugrunde liegenden Aufgaben werden jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird eine elektrochrome Schichtstruktur mit mindestens einer aktiven Schicht geschaffen, wobei die Schichtstruktur mindestens zwei Elektroden aufweist und mindestens eine der Elektroden ein elektrisch leitfähiges Netzwerk von Leiterbahnen aufweist und die Leiterbahnen Nanoteilchen enthalten.

**[0015]** Diese Nanoteilchen können einen Durchmesser von 1 nm bis 500 nm aufweisen. Die Nanoteilchen weisen jedoch einen Durchmesser von 5 nm bis 100 nm auf, und besonders bevorzugt weisen die Nanoteilchen einen Durchmesser von 10 nm bis 30 nm auf.

**[0016]** Die Nanoteilchen enthalten Metalle und/oder Kohlenstoffverbindungen. Bevorzugt enthalten die Nanoteilchen Silber, Kupfer, Aluminium, Ruß (Leitruß) und/oder Kohlenstoff-Nanoröhren sowie Gemische davon.

**[0017]** Die Verwendung von Nanoteilchen zur Bildung der Leiterbahnen hat den Vorteil, dass bei dieser Teilchengröße die für Druckverfahren benötigte Prozesstemperatur zur Stabilisierung der Leiterbahnen beziehungsweise Sinterung reduziert wird. Somit ist es möglich, bei einer Durchmessererteilung im Bereich unter 100 nm die Prozesstemperatur auf bis zu 70°C abzusenken. In diesem Temperaturbereich ist die aktive Schicht nicht temperaturempfindlich, da die aktive Schicht darauf ausgelegt ist, in einem Scheibenverbund bei maximaler Sonneneinstrahlung Temperaturen über 70°C zu widerstehen.

**[0018]** Zum Schutz der aktiven Schicht und der Elektroden vor äußeren Einflüssen, wie Feuchtigkeit oder mechanischer Belastung, weist die elektrochrome Schichtstruktur transparente Schutzschichten und/oder Schutzscheiben auf.

**[0019]** Bevorzugt enthält die Schutzschicht Siliziumnitride, Oxide wie Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder Zinkoxid, Indiumoxid, Zinnoxid und/oder Gemische davon mit einer bevorzugten Dicke von 5 nm bis 500 nm.

**[0020]** Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Schichtstruktur ferner eine Schutzscheibe Germanium, Silizium, Silikatgläser wie Natron-Kalk-Glas, Borosilikat-Glas, Saphir oder Polymere wie Polystyrol, Polyamid, Polyester, Polyvinylchlorid, Polycarbonat, Ethylen-Vinyl-Acetat, plastiziertes Polyvinyl-Butyral, Polyimid, Polyethylenterephthalat, Polyethylen, Polypropylen, Polyurethan, Ionomere und/oder Polymethylmethacrylat sowie Copolymere und/oder Kombinationen enthalten. Die Schutzscheiben weisen eine bevorzugte Dicke von 0,01 mm bis 25 mm auf. Die Schutzscheiben können starre Scheiben oder mechanisch flexibel sein und Foliencharakter haben. Schutzscheiben haben den Vorteil, dass diese die aktive Schicht und das Elektrodenmaterial vor äußeren Umwelteinflüssen abkapseln und insbesondere vor mechanischen Einwirkungen schützen.

**[0021]** Der Schutz der aktiven Schicht und/oder der Elektroden kann ferner durch eine zwischen der aktiven Schicht und der Schutzscheibe liegende weitere Schutzschicht enthaltend Argon, Xenon, Stickstoff, Luft und/oder Gemische mit einem Druck von 1000 Pa bis 200.000 Pa verbessert werden. Ein prinzipiell geeigneter Aufbau für eine gasförmige Schutzschicht ist bei Mehrfach-Isolierverglasungen bekannt.

**[0022]** Bevorzugt ist das Netzwerk der von Nanoteilchen gebildeten Leiterbahnen zwischen der aktiven Schicht und der Schutzschicht und/oder zwischen der aktiven Schicht und der Schutzscheibe ausgebildet.

**[0023]** Dies ermöglicht die Anwendung verschiedener Herstellungsverfahren, wobei bevorzugt das Leiterbahnnetzwerk direkt auf die aktive Schicht aufgebracht wird, das Leiterbahnnetzwerk auf die Elektrode aufgebracht wird oder das Leiterbahnnetzwerk auf eine optisch transparente und leitfähige Schutzschicht aufgebracht wird. Damit eröffnet sich ein breites Feld von alternativen Herstellungsmethoden von elektrochromen Schichtstrukturen, welche flexibel physikalischen als auch arbeitsflussbedingten Gegebenheiten angepasst werden können. So ist zu erwarten, dass bei direkter Aufbringung des elektrisch leitfähigen Netzwerks auf die aktive Schicht ein Ladungsträgeraustausch in der aktiven Schicht stark erhöht wird, sodass sich eine solche Ausbildung insbesondere für extrem schnell zu schaltende elektrochrome Schichtstrukturen eignet. Ebenfalls ist es denkbar, dass die aktive Schicht gemeinsam mit den Elektroden in einem Arbeitsfluss herzustellen und das Aufbringen des Leiterbahnnetzwerks erst an-

schließlich erfolgt. In diesem Fall ergibt sich die Möglichkeit der flexiblen Wahl der anschließenden Aufbringung des Leiterbahnennetzwerks auf eine der Elektroden oder auf eine im Bereich der sichtbaren Lichts optisch transparenten Schutzschicht, wobei sich in diesem Fall das Netzwerk von Leiterbahnen zwischen der Elektrode und der Schutzschicht befindet.

**[0024]** Ebenso ist es möglich die elektrochrome Schichtstruktur mit mindestens zwei übereinander liegenden aktiven Schichten und mit dazwischen liegenden Zwischenelektroden auszugestalten. Diese Ausführungsform hat die Vorteile, dass die aktiven Schichten unabhängig voneinander geschaltet werden können.

**[0025]** Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das elektrisch leitfähige Netzwerk makroskopisch gesehen optisch transparent. Makroskopisch gesehen optisch transparent bedeutet, dass die elektrisch leitfähigen Netzwerke von Leiterbahnen mikroskopisch für sich genommen opak sein können, aufgrund des geringen Flächenanteils bezogen auf die Gesamtfläche der Schichtstruktur makroskopisch gesehen optisch transparent erscheinen. Die optische Transparenz beinhaltet das technisch nutzbare elektromagnetische Strahlungsspektrum, bevorzugt das ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlungsspektrum. Damit kann die elektrochrome Schichtstruktur insbesondere auch bei Verglasungen Anwendung finden, welche zur permanenten Durchsicht beim Führen von Beförderungsmitteln, wie beispielsweise Flugzeugen, Kraftfahrzeugen und Zügen, eine möglichst ungehinderte, jedoch abdunkelbare Durchsichtsmöglichkeit erfordern.

**[0026]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung weisen die Leiterbahnen eine Breite zwischen 1 µm und 10 mm auf, wobei die Leiterbahnen einen gegenseitigen Abstand zwischen 1 µm und 50 mm aufweisen. Vorzugsweise sind die Leiterbahnen bezüglich deren Breite und Abstand jedoch so dimensioniert, dass mit möglichst minimalem Materialaufwand zur Bildung der Leiterbahnen eine ausreichend hohe elektrische Leitfähigkeit zum Ladungsträgertransport und eine ausreichend hohe optische Transparenz gewährleistet werden kann.

**[0027]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung weist das elektrisch leitfähige Netzwerk Leiterbahnen mit unterschiedlicher Schichtdicke auf. Die Leiterbahnen des Netzwerks besitzen damit unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten. Ein Vorteil dieser Ausführungsform besteht insbesondere darin, dass durch die unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit unterschiedliche Bereiche der aktiven Schicht unterschiedlich beschaltet werden können.

**[0028]** Nach einer weiteren Ausführungsform der

Erfindung handelt es sich bei den Nanoteilchen um Kohlenstoff-Nanoteilchen, wobei es sich bei den Kohlenstoff-Nanoteilchen um Kohlenstoff-Nanoröhren und/oder Ruß handelt. Ruß besteht aus kleinen Teilchen, mit einem typischen Größenbereich zwischen 10 nm bis 100 nm. Bei der Verwendung von Ruß kann als Nanoteilchen für Leiterbahnen sogenannter Leitruß zum Einsatz kommen, der eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit aufweist.

**[0029]** Die Verwendung von Kohlenstoff-Nanoröhren hat den Vorteil, dass diese aufgrund ihres hohen Aspektverhältnisses zwischen Durchmesser und Länge eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Damit genügt eine extrem geringe Menge an Kohlenstoff-Nanoröhren, um dennoch eine hohe elektrische Leitfähigkeit der dadurch gebildeten Leiterbahnen zu gewährleisten.

**[0030]** Alternativ ist es auch möglich, dass die Nanoteilchen in Form eines Verbundwerkstoffs mit einem Kunststoff oder Silikatglas die Leiterbahnen bilden. Bei einem solchen Kunststoff kann es sich um Polyacrylate, Epoxide und/oder Polyanilin sowie Copolymere und/oder Kombinationen davon handeln. Durch die zusätzliche Verwendung von Kunststoffen als Träger der Leiterbahnen wird zum einen deren mechanische Stabilität erhöht. Zum anderen wird durch die Verwendung von leitfähigen Kunststoffen, wie zum Beispiel Polyanilin, die elektrische Leitfähigkeit der durch Nanoteilchen gebildeten Leiterbahnen weiter erhöht. Zum dritten dient die Verwendung von Kunststoffen in den Leiterbahnen, welche die Nanoteilchen gegenüber beispielsweise der aktiven Schicht abkapseln, dazu, einen direkten räumlichen Kontakt zwischen aktiver Schicht und Nanoteilchen zu verhindern. Damit können als aktive Schicht auch ionenleitfähige Materialien verwendet werden, welche ohne Kapselung der Nanoteilchen mit den Nanoteilchen eine chemische oder elektrochemische Reaktion eingehen würden. Damit erhöht sich die Flexibilität bezüglich der Wahl der eingesetzten ionenleitfähigen Materialien in der aktiven Schicht.

**[0031]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine elektrochrome Vorrichtung mit der erfindungsgemäßen Schichtstruktur im elektrischen Kontakt mit einer Steuereinheit.

**[0032]** In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die elektrochrome Vorrichtung mindestens zwei Schutzscheiben. Es kann sich bei einer solch elektrochromen Vorrichtung um eine elektrochrome Verglasung handeln.

**[0033]** Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird zumindest eine Schutzschicht der elektrochromen Schichtstruktur durch eine äußere Schutzscheibe gebildet oder eine äußere Schutzscheibe durch eine Schutzschicht der elektrochromen

men Schichtstruktur gebildet. Es ist möglich, durch geeignete Wahl des optisch transparenten Schutzschichtmaterials bei der Verwendung der elektrochromen Vorrichtung als Fensterverglasung auf eine zusätzliche Glasscheibe zu verzichten. Kunststoffmaterialien können zum Einsatz kommen, welche zum einen im Bereich des sichtbaren Lichtes optisch transparent sind und zum anderen eine hohe mechanische Härte aufweisen, ohne jedoch das Gewicht von herkömmlichen Fenstergläsern zu haben. Damit ergibt sich die Möglichkeit des Herstellens von elektrochromen Verglasungen mit wesentlich geringerem Gewicht, als dies bei handelsüblichen Verglasungen der Fall ist.

**[0034]** Die Schutzscheibe kann in der elektrochromen Vorrichtung als Verbundscheibe aus mehreren Schichten aufgebaut sein und bevorzugt eine Polymerschicht als Haftvermittler enthalten. Besonders bevorzugt kann die Schichtstruktur mit einer weiteren Schutzscheibe als ein Verbundglas eine elektrochrome Vorrichtung ausbilden.

**[0035]** Damit handelt es sich bei der elektrochromen Vorrichtung um eine Fensterscheiben und bevorzugt eine Verbundglasscheibe, wobei die Oberflächen durch Silikatglas und/oder Polymere gebildet werden.

**[0036]** In einer Ausgestaltung der elektrochromen Vorrichtung handelt es sich um eine Doppel- oder Mehrfach-Isolierverglasung, wobei die elektrochrome Schichtstruktur sich auf inneren und/oder äußeren Fensterscheibe der Isolierverglasung befindet. Ein gasförmiges Schutzvolumen der Schichtstruktur ist insbesondere bei Verwendung der elektrochromen Schichtstruktur in Doppel- oder Mehrfach-Isolierverglasungen als elektrochrome Vorrichtung vorteilhaft, da der Isolierglasaufbau ein Schutzvolumen bereitstellt. In dieser Ausgestaltung reduziert das Schutzvolumen auch den Wärmedurchgang durch die Verglasung und wirkt thermisch isolierend.

**[0037]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur mit mindestens einer aktiven Schicht, wobei die Schichtstruktur zwei Elektroden aufweist und das Verfahren die Schritte des Aufbringens eines Netzwerks von Nanoteilchen auf mindestens eine der Elektroden und den Schritt des Erhitzens des Netzwerks von Nanoteilchen zur Bildung eines elektrisch leitfähigen Netzwerks von Leiterbahnen umfasst.

**[0038]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Aufbringen des Netzwerks von Nanoteilchen bevorzugt durch ein Druckverfahren wie Siebdruckverfahren, Druckverfahren mit einer Gravurwalze und besonders bevorzugt Tintenstrahldruckverfahren, Aerosoljetdruckverfahren, Impulsjetdruckver-

fahren und/oder Rollenrotationsdruckverfahren, wie Flexodruck.

**[0039]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren können beliebige Geometrien auf Flächen gedruckt werden. Ebenso ist ein kontaktloses Aufdrucken mit erfindungsgemäßen Verfahren möglich. Damit ist es auch möglich zwischen der aktiven Schicht und der Elektrode ein leitfähiges Netzwerk aufzudrucken. Bevorzugte Geometrien sind beispielsweise parallel oder antiparallel angeordnete Linien und Kurven, Linien oder Kurven mit Querverbindungen, regelmäßige oder unregelmäßige netzartige Strukturen, zusammenhängende Flächen mit regelmäßigen oder unregelmäßigen Aussparungen sowie nicht zusammenhängende Rechtecke oder Ellipsoide.

**[0040]** Die Wahl der geeigneten Flüssigkeit hängt dabei von verschiedenen Kriterien ab, wie zum Beispiel Prozesstemperatur zur Stabilisierung der Netzwerke, Aggregationsverhalten der Nanoteilchen in der Flüssigkeit sowie insbesondere bei der Wahl von flüssigen Kunststoffen als Flüssigkeit, die spätere Verwendung des ausgehärteten Kunststoffs als schützende leitfähige Kapselung der Nanoteilchen.

**[0041]** Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Aufbringen des Netzwerks von Nanoteilchen durch Aufbringen einer Dispersion, wobei die Dispersion die Nanoteilchen und eine Flüssigkeit umfasst und es sich bei der Flüssigkeit um Wasser und/oder ein organisches Lösungsmittel und/oder einen flüssigen Kunststoff handelt.

**[0042]** Die Größe der erfindungsgemäßen Vorrichtungen kann breit variieren und richtet sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck im Rahmen der erfindungsgemäßen Verwendung. So können die erfindungsgemäßen Vorrichtungen Abmessungen in der Größenordnung von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern haben. Insbesondere die planaren oder leicht oder stark in eine Richtung oder mehreren Richtungen des Raumes gebogenen oder gekrümmten Vorrichtungen können eine Fläche in der Größenordnung von 100 cm<sup>2</sup> bis 25 m<sup>2</sup>, vorzugsweise > 1 m<sup>2</sup> oder PLF (3,21 m × 6,0 m = 19,26 m<sup>2</sup>), was das "Bandmaß" der Glasindustrie ist, aufweisen. Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen können aber auch Flächen haben, wie sie Abdeckungen von Scheinwerfern, Windschutzscheiben, Seitenscheiben, Heckscheiben und Glasdächer für Kraftfahrzeuge oder großflächige Scheiben, insbesondere wie sie im Bausektor verwendet werden, üblicherweise aufweisen.

**[0043]** Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Stabilisieren beziehungsweise Sintern des Netzwerks von Nanoteilchen zu Leiterbahnen durch Wärmeleitung und elektromagnetische Strahlung in Öfen, jedoch bevorzugt durch Infrarot-

strahlung und Ultraviolettstrahlung und besonders bevorzugt durch Laserbestrahlung und/oder Mikrowellenbestrahlung. Die Verwendung von Laserstrahlung hat den Vorteil, dass durch Ausrichtung eines fokussierten Laserstrahls auf die gewünschte Netzwerkstruktur von Nanoteilchen ausschließlich an den gewünschten räumlichen Netzwerkstrukturen, an welchen der Laserstrahl auf die Nanoteilchen auftrifft, ein Stabilisierungsvorgang des Netzwerks und damit gegebenenfalls auch ein Verbinden der Nanoteilchen mit den Elektroden und/oder der aktiven Schicht stattfindet. Nanoteilchen, welche außerhalb der durch den Laserstrahl abgefahrenen gewünschten Netzwerkstruktur liegen, werden von dem Erhitzungsvorgang nicht erfasst, sodass hier keine Aushärtung und keine direkte Prozessierung stattfinden. Ein anschließender Waschkvorgang ermöglicht somit, Nanoteilchen, welche nicht von der das Netzwerk definierenden Laserstrahlung erfasst wurden, zu entfernen. Somit kann in einfacher Weise ein gut definiertes leitfähiges Netzwerk von Nanoteilchen erzeugt werden.

**[0044]** Im Weiteren werden Ausführungsformen der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0045]** [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht einer elektrochromen Schichtstruktur,

**[0046]** [Fig. 2](#) eine schematische Ansicht einer weiteren elektrochromen Schichtstruktur mit einer Schutzschicht,

**[0047]** [Fig. 3](#) eine schematische Ansicht eines Netzwerks von Nanoteilchen auf einer elektrochromatisch aktiven Schicht sowie eine mikroskopische Vergrößerung des Leiterbahnnetzwerks,

**[0048]** [Fig. 4](#) ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur,

**[0049]** [Fig. 5](#) ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur,

**[0050]** [Fig. 6](#) eine schematische Ansicht einer weiteren elektrochromen Schichtstruktur mit zwei aktiven Schichten,

**[0051]** [Fig. 7](#) eine schematische Ansicht einer elektrochromen Schichtstruktur mit einer gasförmigen Schutzschicht,

**[0052]** [Fig. 8](#) eine schematische Ansicht einer elektrochromen Schichtstruktur in einem Verbundglas,

**[0053]** [Fig. 9](#) eine schematische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer elektrochromen Schichtstruktur mit einem Flüssig-Elektrolyten in der aktiven Schicht und

**[0054]** [Fig. 10](#) eine schematische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer elektrochromen Schichtstruktur mit einer mehrschichtigen Elektrode.

**[0055]** Im Folgenden sind einander ähnliche Elemente mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0056]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer elektrochromen Schichtstruktur. Die elektrochrome Schichtstruktur umfasst eine elektrochromatisch aktive Schicht **100**, die zwischen zwei Elektroden **102** und **104** eingebettet ist. Außerdem sind diese Elektroden **102** und **104** jeweils auf der der aktiven Schicht abgewandten Seite mit transparenten Schutzscheiben **106** und **108** abgedeckt. Bei der elektrochromen Schichtstruktur der [Fig. 1](#) kann es sich um eine elektrochrome Schichtstruktur mit einem anorganischen Festkörperelektrolyten und bei den transparenten Schutzscheiben **106** und **108** um Borosilikatgläser handeln.

**[0057]** Die elektrochrome Steuereinheit **112** dient durch Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden **102** und **104** als eine Transparenzkontrolle der aktiven Schicht gegenüber einfallendem Licht. Bei der Elektrode **104** handelt es sich um eine Anode und bei der Elektrode **102** um eine Kathode. Durch Anlegen einer positiven Spannung an die Anode **104** und einer negativen Spannung an die Kathode **102** findet ein Ionentransport durch die aktive Schicht **100** statt, welche ein ionenleitfähiges Polymer enthält. Die Kathode **102** enthält Wolframoxid. Die Anode **104** enthält Wasserstoffionen. Durch Anlegen von Spannung zwischen der Anode und der Kathode wandern Wasserstoff-Ionen durch das ionenleitfähige Polymer in die Kathode **102** und bilden dort mit Wolframoxid Farbzentren, die einfallendes Licht absorbieren oder reflektieren. Wird danach eine umgekehrte Spannung angelegt, kehrt sich dieser Effekt um, sodass eine Entfärbung der Kathode **102** stattfindet.

**[0058]** Die Ionenwanderung hängt nun zum einen stark von der Wahl und Dicke der aktiven Schicht **100** ab, als auch von der Materialwahl und Dicke der Kathode **102**. Hier ergibt sich das Problem, dass bei zu dünner Dimensionierung der Kathode **102** deren optische Transparenz hoch ist, jedoch die elektrische Leitfähigkeit so gering wird, dass ein elektrochromatischer Färbungs- oder Entfärbungsvorgang aufgrund des geringen Ladungstransports erhebliche Zeit benötigt. Wird hingegen die Leitfähigkeit der Kathodenschicht **102** durch Vergrößerung deren Dicke erhöht, kann der elektrochromatische Transparenzwechsellvorgang beschleunigt werden, jedoch auf Kosten einer verminderten Maximaltransparenz und der erhöhten Dicke und damit der Lichtdurchlässigkeit der Schicht **102**.

**[0059]** Um dieses Problem zu lösen, ist das Netz-

werk **110** von Leiterbahnen in der [Fig. 1](#) zwischen der Schutzscheibe **106** und der Elektrode **102** eingebracht. Dieses Netzwerk von Leiterbahnen wird durch Nanoteilchen (**300**) gebildet, wobei das Netzwerk von Leiterbahnen zur Konsequenz hat, dass zum einen die Schichtdicke der Elektrode **102** gering gehalten wird, zum anderen die elektrische Leitfähigkeit aufgrund der zusätzlichen Leiterbahnen der elektrochromen Schichtstruktur dennoch ausreichend ist.

**[0060]** Die Leiterbahnen **110** sind vorzugsweise so angeordnet, dass makroskopisch gesehen das durch die Leiterbahnen gebildete Netzwerk optisch transparent ist. Dies kann durch eine extrem dünne Dimensionierung der Leiterbahnen, mit einer Breite unter 10 µm und mit einem großen Abstand derselben, vorzugsweise über 1 mm, realisiert werden.

**[0061]** Wie aus der [Fig. 1](#) ersichtlich, befindet sich das elektrisch leitfähige Netzwerk von Leiterbahnen, welche durch Nanoteilchen (**300**) gebildet sind, zwischen der transparenten Schutzscheibe **106** und der Elektrode **102**.

**[0062]** Eine alternative Ausführung dazu ist in der [Fig. 2](#) gezeigt. Hier befindet sich ein elektrisch leitfähiges Netzwerk **202** zwischen der aktiven Schicht **100** und der Elektrode **102**. Außerdem ist in der [Fig. 2](#) eine Schutzscheibe **106** gezeigt, welche sich zwischen der aktiven Schicht **100** und der Schutzscheibe **108** befindet. Die Schutzscheibe **106** ist eine Kunststoffschicht, welche Polyvinylbutyral (PVB) enthält. Bei der Schutzscheibe **108** handelt es sich um Borosilikatglasscheiben. Eine solche PVB-Folie wird typischerweise bei Temperaturen von etwa 150°C auf die Elektrode **102** aufgeschmolzen, sodass nach Abkühlen ein dauerhafter Verbund zwischen Kathode **102** und PVB-Folie **106** (PVB Schutzscheibe **106**) vorliegt, welche die Elektrode **102** und die aktive Schicht **100** vor äußeren Umwelteinflüssen schützt.

**[0063]** [Fig. 3](#) zeigt ein elektrisch leitfähiges Netzwerk von Leiterbahnen **110** auf einer aktiven Schicht **102**. Im Beispiel der [Fig. 3](#) bildet das hierdurch gebildete Netzwerk eine regelmäßige rechteckige Anordnung von Leiterbahnen, welche aufgrund des großen Zwischenabstandes zwischen den einzelnen Leiterbahnen eine makroskopisch gesehen gute Durchsicht gewährleistet.

**[0064]** Bei einer Vergrößerung des elektrisch leitfähigen Netzwerks von Leiterbahnen **110** werden die in [Fig. 3](#) gezeigten Nanoteilchen **300** sichtbar. Die Nanoteilchen **300** sind dabei so relativ zueinander angeordnet, dass sie elektrisch leitfähige Leiterbahnen bilden.

**[0065]** In der Vergrößerung der [Fig. 3](#) ist weiter ein Polymer **302** zu sehen, in welches die Nanoteilchen **300** eingebettet sind. Polymer **302** ist elektrisch leit-

fähig und mit Nanoteilchen **300** bis zu einem bestimmten Füllgrad gefüllt. Ab einem bestimmten Füllgrad erhöht sich die elektrische Leitfähigkeit der so gebildeten Leiterbahnen sprunghaft. Unterhalb eines bestimmten Füllgrades ist die elektrische Leitfähigkeit zu gering. Weit oberhalb eines bestimmten Füllgrades steigert sich die elektrische Leitfähigkeit selbst bei weiterer Zugabe von Nanoteilchen **300** nur noch unwesentlich. Durch geeignete Wahl eines Verbundwerkstoffs bestehend aus Nanoteilchen **300** und Füllmaterial **302** kann ein optimaler Verbundwerkstoff gewählt werden, der eine hohe elektrische Leitfähigkeit, eine hohe mechanische Stabilität als auch eine hohe chemische Inertheit aufweist.

**[0066]** [Fig. 4](#) zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur. Das Verfahren beginnt mit Schritt **400** durch Bereitstellen einer Elektrode, vorzugsweise einer Kathode. Auf die Kathode wird in Schritt **402** ein Netzwerk aufgebracht, das Nanoteilchen **300** enthält. In Schritt **404** wird dieses Netzwerk erhitzt, um so mittels eines Sintervorgangs zu einem mechanisch stabilen und elektrisch leitfähigen Netzwerk von Leiterbahnen zu gelangen. Dem folgt Schritt **406** mit dem Aufbringen einer elektrochromatisch aktiven Schicht, wobei diese aktive Schicht entweder auf das Netzwerk oder auf die Elektrode aufgebracht werden kann. Schließlich endet das Verfahren mit Schritt **408** durch Aufbringen einer weiteren Elektrode auf die aktive Schicht, die auf die Seite der aktiven Schicht aufgebracht wird, welche der in Schritt **400** bereitgestellten Elektrode gegenüberliegt.

**[0067]** Es sei hier angemerkt, dass das Verfahren zum Aufbringen des Netzwerks sowohl dafür geeignet ist, das Netzwerk auf die Kathode als auch auf die Anode in Form von zwei separaten Netzwerken aufzubringen.

**[0068]** Eine alternative Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur ist in dem Flussdiagramm der [Fig. 5](#) dargestellt. Hier wird in Schritt **500** eine Schutzscheibe, beispielsweise eine PVB-Schicht auf einer Silikatglasscheibe, bereitgestellt. Anstatt der Verwendung einer PVB-Schicht ist es auch möglich, eine Glasscheibe, Kunststoffscheibe oder Ähnliches zu verwenden, welche im Falle der Verwendung der elektrochromen Schichtstruktur als elektrochrome Verglasung direkt als Trennscheibe zur äußeren Umgebung der elektrochromen Verglasung dient.

**[0069]** Nachdem in Schritt **500** die Schutzscheibe bereitgestellt wird, wird in Schritt **502** das Netzwerk auf die Schutzscheibe aufgebracht. Das Netzwerk wird in Schritt **504** wiederum erhitzt, was zur Härtung, Sinterung oder allgemein Stabilisierung führt. Daraufhin wird in Schritt **506** eine Elektrode auf das so gebildete Netzwerk aufgebracht, worauf in Schritt **508**

eine aktive Schicht auf die Elektrode aufgebracht wird. Schließlich wird in Schritt **510** eine weitere Elektrode auf die aktive Schicht aufgebracht.

**[0070]** Alternativ zu den in [Fig. 5](#) gezeigten Schritten ist es auch möglich, das Verfahren zuerst mit den Schritten **500** und **506** bis **510** zu beginnen, wobei eine Elektrode auf einer aktiven Schicht erhalten wird, auf die das Netzwerk mit den Schritten **502** und **504** aufgebracht wird. In [Fig. 5](#) ist nicht gezeigt, wie eine Schutzschicht auf die Elektrode mit dem Netzwerk aufgebracht wird. Das ist bei der Verwendung der so hergestellten elektrochromen Schichtstruktur in Form einer elektrochromen Verglasung notwendig. In diesem Fall handelt es sich bei der aufgetragenen Schutzschicht vorzugsweise um eine weitere Oxidschicht, eine Schutzgasschicht, Glasscheibe und/oder Kunststoffscheibe.

**[0071]** [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer elektrochromen Schichtstruktur. Die elektrochrome Schichtstruktur umfasst zwei elektrochromatisch aktive Schichten **100**, wobei die Schichten zwischen einer äußeren Elektrode **102** oder **104** und einer Zwischenelektrode **113** eingebettet sind. Die äußeren Elektroden **102** und **104** sind jeweils auf der der aktiven Schicht abgewandten Seite mit transparenten Schutzscheiben **106** und **108** abgedeckt. Beispielsweise kann es sich bei der elektrochromen Schichtstruktur der [Fig. 1](#) um eine elektrochrome Schichtstruktur handeln, wobei es sich bei den transparenten Schutzscheiben **106** und **108** um Borosilikatglas handelt.

**[0072]** Die Elektroden **102** und **104** sowie die Zwischenelektrode weisen elektrisch leitfähige Netzwerke **110** auf. Die Wirkung der elektrisch leitfähigen Netzwerke **110** entspricht den Beobachtungen des Ausführungsbeispiels zur [Fig. 1](#).

**[0073]** In der [Fig. 6](#) ist weiter eine elektrochrome Steuereinheit **112** gezeigt, welche durch Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden **102** und **113** sowie **104** und **113** zu einer Transparenzkontrolle der aktiven Schichten **100** gegenüber einfallendem Licht dienen. Über die äußeren Elektroden **102** und **104** und die Zwischenelektrode **113** werden zwei aktive Schichten **100** unabhängig geschaltet. Es handelt sich bei den Elektroden **102** und **104** um Anoden und bei der Zwischenelektrode **113** um eine Kathode. Durch Anlegen einer positiven Spannung an die Anoden **104** und **102** und einer negativen Spannung an die Kathode **113** findet beispielsweise ein Ionentransport in die aktiven Schichten **100** statt, welche beispielsweise ein ionenleitfähiges Polymer enthalten. Kathode **113** enthält Wolframoxid, wohingegen die Anoden **102** und **104** Wasserstoffionen enthält. Durch Anlegen der Spannung zwischen der Anode und der Kathode wandern Wasserstoff-Ionen durch das ionenleitfähige Polymer in die Kathode **113** und

bilden dort mit Wolframoxid Farbzentren, die einfallendes Licht absorbieren oder reflektieren. Wird danach eine umgekehrte Spannung angelegt, kehrt sich dieser Effekt um, sodass eine Entfärbung der Kathode **113** stattfindet.

**[0074]** Eine weitere Ausführung ist in der [Fig. 7](#) gezeigt. Hier befindet sich ein elektrisch leitfähiges Netzwerk **110** zwischen der Elektrode **102** und einer ersten Schutzschicht **200**. Bei der Schutzschicht **200** handelt es sich um eine SiO<sub>2</sub>-Schicht. In der [Fig. 7](#) ist über der ersten Schutzschicht ein gasförmiges Schichtvolumen enthaltend Argon als eine weitere Schutzschicht **200** gezeigt, welche sich zwischen der ersten Schutzschicht **200**, der Schutzscheibe **106** aus Natron-Kalk-Glas und Abstandshaltern befindet. Die Abstandshalter sind rahmenförmig und gasdicht ausgelegt. Der Aufbau erfolgt in Anlehnung an eine Mehrfach-Isolierverglasung. Die aktive Schicht **100** enthält einen organischen oder anorganischen Festkörperelektrolyten. Die Wirkung der elektrisch leitfähigen Netzwerke entspricht den Beobachtungen des Ausführungsbeispiels zur [Fig. 1](#).

**[0075]** Eine alternative Ausführung dazu ist in der [Fig. 8](#) gezeigt. Hier befindet sich ein elektrisch leitfähiges Netzwerk **110** zwischen der Elektrode **102** und einer Schutzschicht **200** enthaltend SiO<sub>2</sub>. Außerdem ist in der [Fig. 8](#) eine erste Schutzscheibe **200** als Haftschiicht gezeigt, welche sich zwischen der Schutzschicht **200** und einer inneren weiteren Schutzscheibe **106** befindet. Die äußeren Schutzscheibe **106** und **108** sind Borosilikatglasscheiben. Die innenliegende Schutzscheibe **106** ist eine Haftfolie aus Polyvinylbutyral (PVB). Eine solche PVB-Schicht wird typischerweise bei Temperaturen um ca. 150°C auf der Schutzschicht **200** aufgeschmolzen, sodass nach Abkühlen ein dauerhafter Verbund zwischen der Schutzschicht **200** und PVB-Schicht **106** vorliegt, welche die aktive Schicht **100** Elektrode **102** und/oder das elektrisch leitfähige Netzwerk **110** und vor äußeren Umwelteinflüssen schützt. Die aktive Schicht **100** enthält einen organischen oder anorganischen Festkörperelektrolyten.

**[0076]** Eine alternative Ausführung der erfindungsgemäßen Schichtstruktur ist in der [Fig. 9](#) gezeigt. Die Schichtstruktur enthält zwischen den zwei Elektroden **102** und **104** und den äußeren Schutzscheiben **106** und **108** elektrisch leitfähige Netzwerke **110**. Die äußeren Schutzscheiben **106** und **108** sind Natron-Kalk-Glasscheiben. Die aktive Schicht **100** enthält bevorzugt einen organischen Flüssigelektrolyten. Das Volumen der aktiven Schicht wird über rahmenförmige Abstandshalter **210** zwischen den äußeren Schutzscheiben **106** und **108** festgelegt. Die aktive Schicht **100** und die Elektroden **102** und **104** mit elektrisch leitfähigem Netzwerk **110** werden in der Ausführung vor Umwelteinflüssen geschützt. Die Wirkung der elektrisch leitfähigen Netzwerke ent-



spricht den Beobachtungen des Ausführungsbeispiels zur [Fig. 1](#).

**[0077]** Eine weitere alternative Ausführung ist in der [Fig. 10](#) gezeigt. Die Schichtstruktur enthält zwischen den zwei Elektroden **102** und **104** und den äußeren Schutzscheiben **106** und **108** elektrisch leitfähige Netzwerke **110**. Die äußeren Schutzscheiben **106** und **108** sind Natron-Kalk-Glasscheiben. Die Elektroden **102** ist insbesondere mit einer zusätzlichen Schicht **101** von Wolframoxid beschichtet. Die aktive Schicht **100** enthält dabei einen organischen Elektrolyten der teilweise flüssig und teilweise als Festkörper ausgelegt ist. Die aktive Schicht **100** und Elektroden **102** und **104** mit elektrisch leitfähigem Netzwerk **110** werden in der Ausführung vor Umwelteinflüssen geschützt. Die Wirkung der elektrisch leitfähigen Netzwerke entspricht den Beobachtungen des Ausführungsbeispiels zur [Fig. 1](#).

#### Bezugszeichenliste

<b>100</b>	Aktive Schicht
<b>101</b>	Schicht mit elektrochromatischen Stoff
<b>102</b>	Elektrode
<b>104</b>	Elektrode
<b>106</b>	Transparente Schutzscheibe
<b>108</b>	Transparente Schutzscheibe
<b>110</b>	Netzwerk
<b>112</b>	Elektrochrome Steuereinheit
<b>113</b>	Zwischenelektrode
<b>200</b>	Transparente Schutzschicht
<b>210</b>	Abstandshalter
<b>202</b>	Netzwerk
<b>300</b>	Nanoteilchen
<b>302</b>	Füllmaterial
<b>400</b>	Bereitstellen Elektrode
<b>402</b>	Aufbringen Netzwerk
<b>404</b>	Erhitzen Netzwerk
<b>406</b>	Aufbringen aktive Schicht
<b>408</b>	Aufbringen weitere Elektrode
<b>500</b>	Bereitstellen Schutzscheibe
<b>502</b>	Aufbringen Netzwerk
<b>504</b>	Erhitzen Netzwerk
<b>506</b>	Aufbringen Elektrode
<b>508</b>	Aufbringen aktive Schicht
<b>510</b>	Aufbringen weitere Elektrode

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 0867752 [0004]
- EP 0831360 [0004]
- EP 0253713 [0004]
- EP 0382623 [0004]
- WO 2008/084168 [0004]
- US 6747779 B1 [0004, 0007]

### Patentansprüche

1. Elektrochrome Schichtstruktur umfassend mindestens eine aktive Schicht (**100**) und mindestens zwei Elektroden (**102**; **104**), wobei mindestens eine der Elektroden (**102**; **104**) ein elektrisch leitfähiges Netzwerk (**110**; **202**) von Leiterbahnen aufweist und die Leiterbahnen Nanoteilchen (**300**) enthalten.

2. Elektrochrome Schichtstruktur nach Anspruch 1, wobei die Leiterbahnen eine Breite von 1 µm bis 10 mm aufweisen und wobei die Leiterbahnen einen gegenseitigen Abstand von 1 µm bis 50 mm aufweisen.

3. Elektrochrome Schichtstruktur nach Anspruch 1 oder 2, ferner mit mindestens einer optisch transparenten Schutzscheibe (**106**), wobei sich das Netzwerk (**110**; **202**) von Leiterbahnen zwischen der aktiven Schicht (**100**) und der Schutzscheibe (**106**) befindet.

4. Elektrochrome Schichtstruktur nach Anspruch 3, wobei die Schutzscheibe (**106**) mindestens enthält Silikatglas, Germanium, Silizium, Saphir, Polystyrol, Polyamid, Polyester, Polyvinylchlorid, Polycarbonat, Ethylen-Vinyl-Acetat, plastiziertes Polyvinyl-Butyral, Polyimid, Polyethylenterephthalat, Polyethylen, Polypropylen, Polyurethan, Ionomere, Polymethylmethacrylat, Copolymere und/oder Kombinationen davon.

5. Elektrochrome Schichtstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einer optisch transparenten Schutzschicht (**200**), wobei sich das Netzwerk (**110**; **202**) von Leiterbahnen zwischen der aktiven Schicht (**100**) und der optisch transparenten Schutzschicht (**200**) befindet.

6. Elektrochrome Schichtstruktur nach Anspruch 5, wobei die optisch transparente Schutzschicht (**200**) mindestens eine Schicht Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Zinkoxid, Zinnoxid, Indiumoxid und/oder eine gasförmige Schicht enthaltend Argon, Xenon, Stickstoff, Luft und/oder Gemische davon aufweist.

7. Elektrochrome Schichtstruktur nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Schutzschicht (**200**) ferner ein gasförmiges Schichtvolumen enthaltend Argon, Xenon, Stickstoff, Luft und/oder Gemische davon mit einem Druck von 1000 Pa bis 200.000 Pa aufweist.

8. Elektrochrome Schichtstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, enthaltend mindestens Zwischenelektrode (**113**), die zwischen mindestens zwei aktiven Schichten (**100**) aufgebracht ist und wobei die Zwischenelektrode (**113**) ein elektrisch leitfähiges Netzwerk (**110**; **202**) von Leiterbahnen aufweist und die Leiterbahnen Nanoteilchen (**300**) enthalten.

9. Elektrochrome Schichtstruktur nach einem der

Ansprüche 1 bis 8, wobei die Nanoteilchen (**300**) Silberteilchen und/oder elektrisch leitfähigen Kohlenstoff enthalten.

10. Elektrochrome Schichtstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Nanoteilchen (**300**) in Form eines Verbundwerkstoffs mit einem Kunststoff (**302**) die Leiterbahnen bilden.

11. Elektrochrome Schichtstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Nanoteilchen (**300**) einen Durchmesser von 1 nm bis 500 nm aufweisen, vorzugsweise von 5 nm bis 100 nm.

12. Elektrochrome Vorrichtung mit einer Schichtstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Schichtstruktur mit einem Steuergerät (**112**) elektrisch kontaktiert ist.

13. Elektrochrome Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Schichtstruktur auf mindestens einer Schutzscheibe (**106**; **108**) angeordnet ist, wobei die Schutzscheibe (**106**; **108**) transparent ist.

14. Elektrochrome Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, wobei es sich bei der Vorrichtung um eine Verbundglasscheibe handelt.

15. Elektrochrome Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei es sich bei der Vorrichtung um eine Doppel- oder Mehrfachisolierverglasung handelt.

16. Verfahren zur Herstellung einer elektrochromen Schichtstruktur, die mindestens eine aktive Schicht (**100**) und zwei Elektroden (**102**; **104**) aufweist, wobei  
– ein Netzwerk (**110**; **202**) von Nanoteilchen (**300**) in der Schichtstruktur aufgebaut wird und  
– das Netzwerk (**110**; **202**) von Nanoteilchen (**300**) zur Bildung eines elektrisch leitfähigen Netzwerks (**110**; **202**) von Leiterbahnen erhitzt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Netzwerk (**110**; **202**) von Nanoteilchen (**300**) durch Druckverfahren wie Siebdruck, Gravurwalzendruck, Tintenstrahldruck, Aerosoljet-Druck, Flexodruck, Impulsjet-Druck und/oder Kombinationen davon aufgebracht wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, wobei das Netzwerk (**110**; **202**) von Nanoteilchen (**300**) durch eine Dispersion der Nanoteilchen (**300**) und Wasser und/oder ein organisches Lösungsmittel und/oder einen flüssigen Kunststoff enthält.

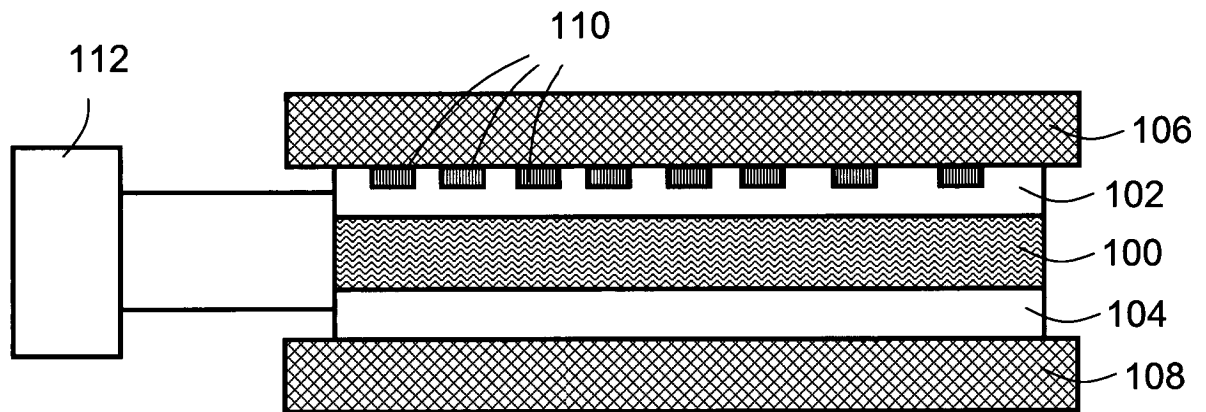
19. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche 16 bis 18, wobei das Netzwerk (**110**; **202**) von Nanoteilchen (**300**) über Wärmeleitung und Wärmestrahlung wie Infrarot-, Ultraviolett-, Mikrowellenstrahlung,

Laserlicht und/oder Kombinationen davon erhitzt wird.

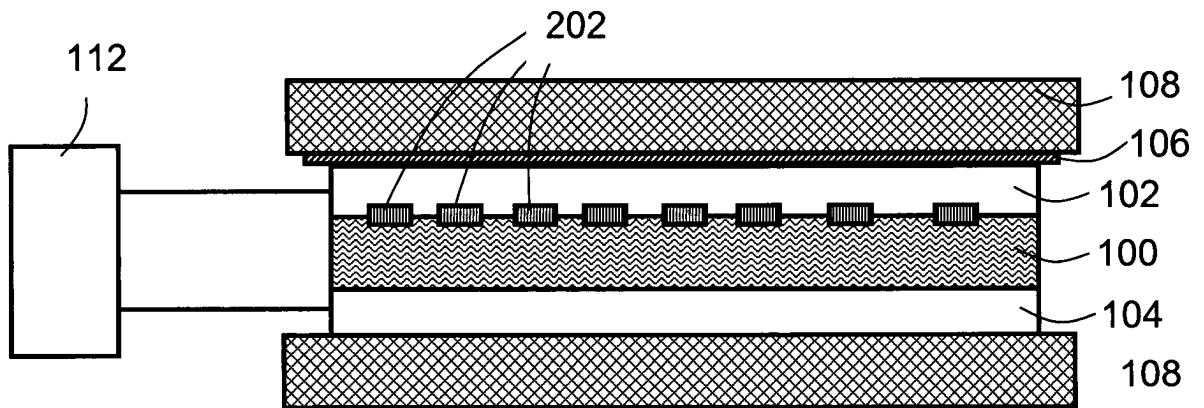
20. Verwendung der elektrochromen Schichtstruktur und der elektrochromen Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15 in einer Einfach-, Verbund, Doppel- oder Mehrfachverglasung von Gebäuden oder Fahrzeugen.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

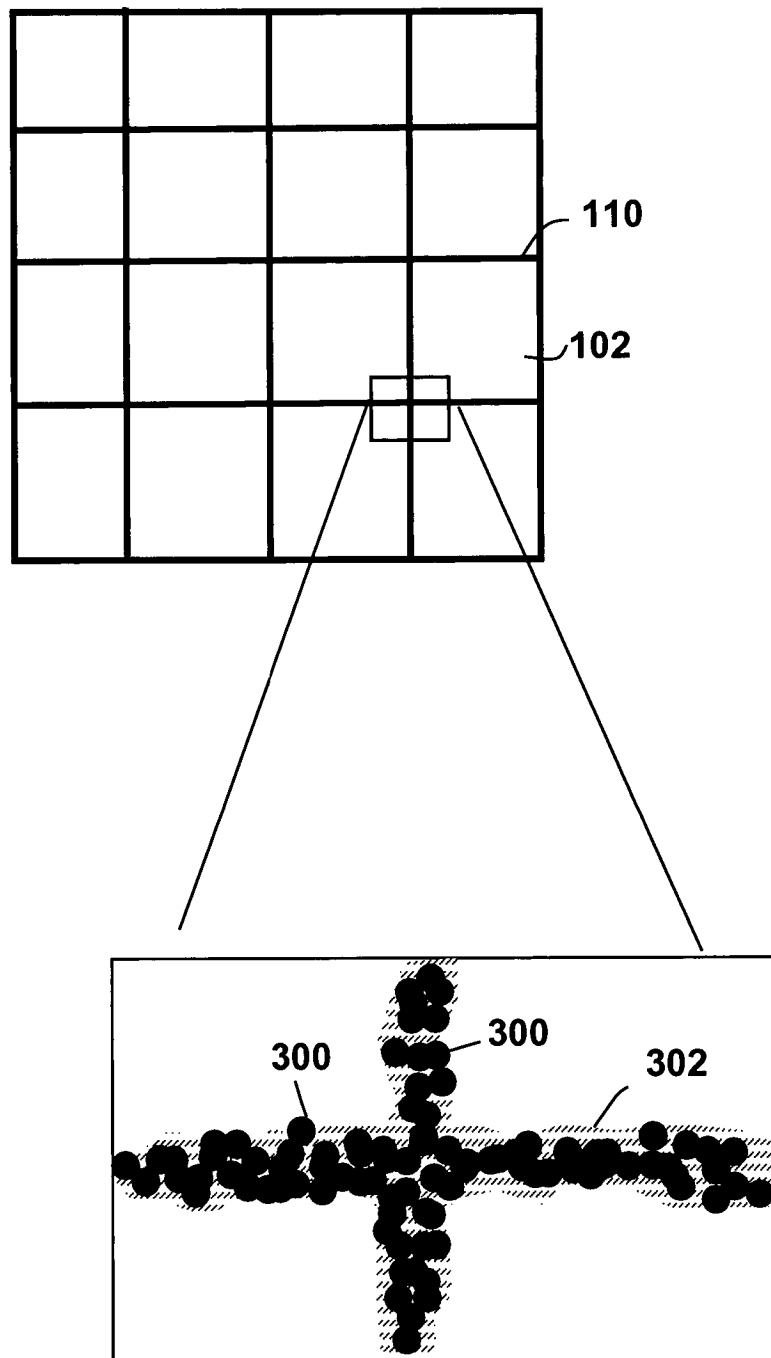
Anhängende Zeichnungen



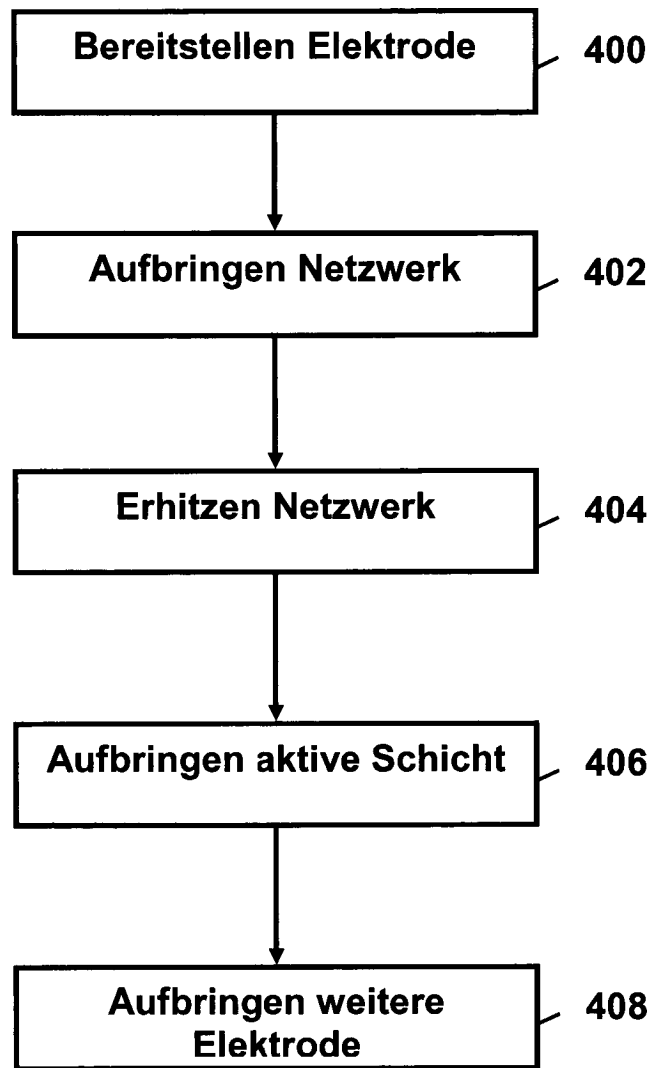
Figur 1



Figur 2

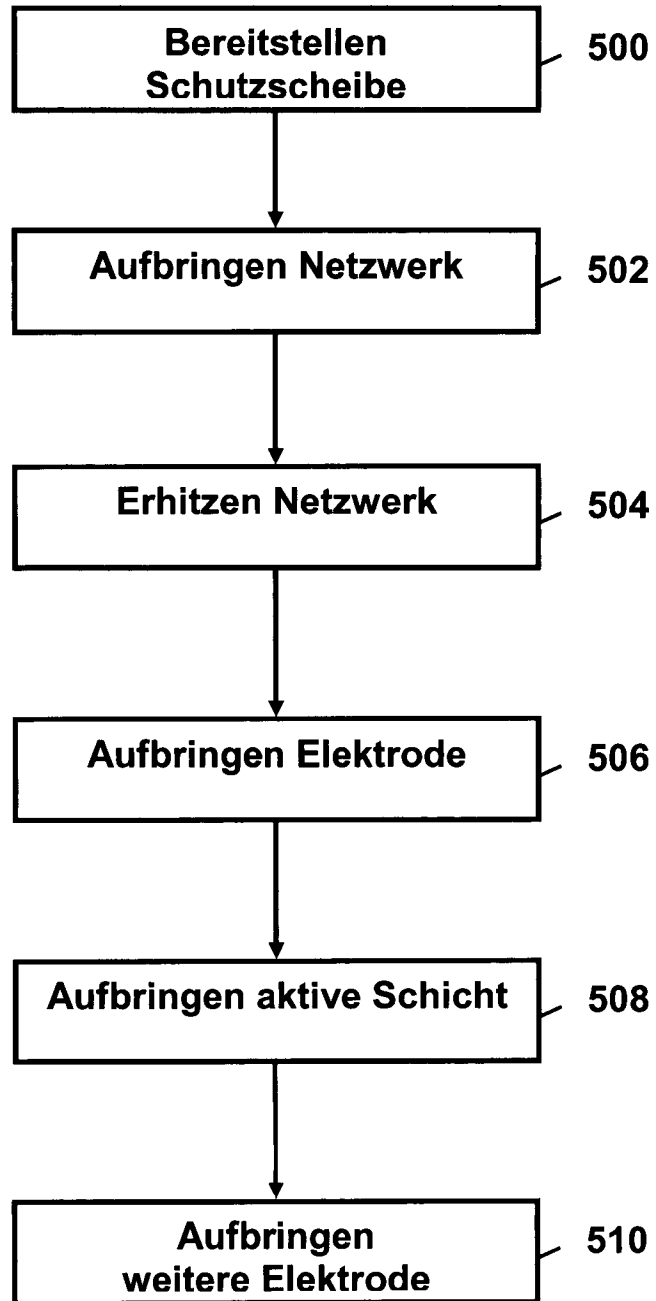


Figur 3

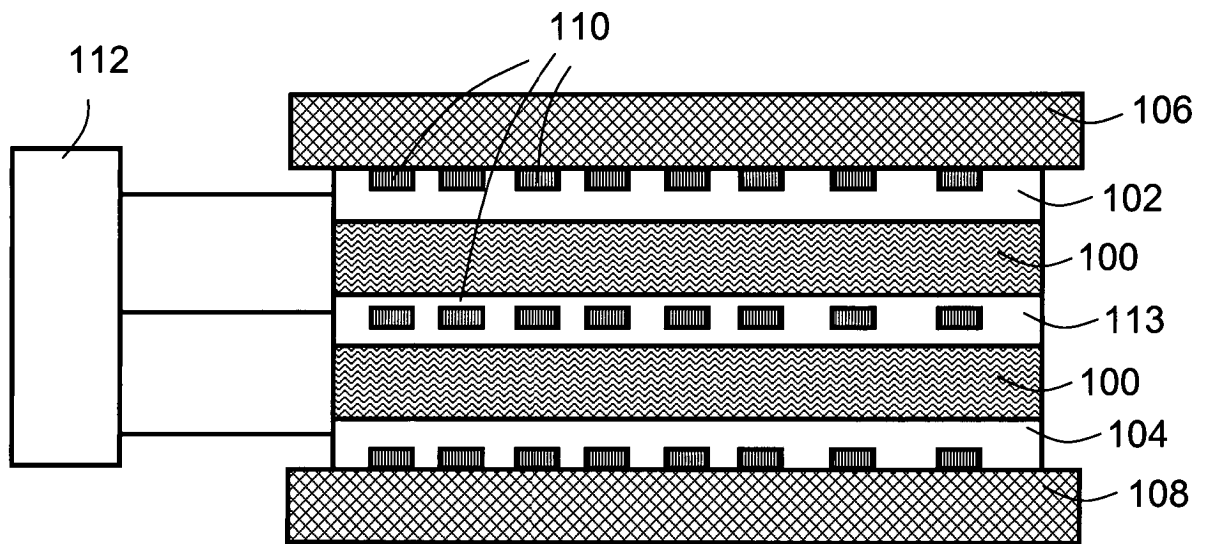


Figur 4

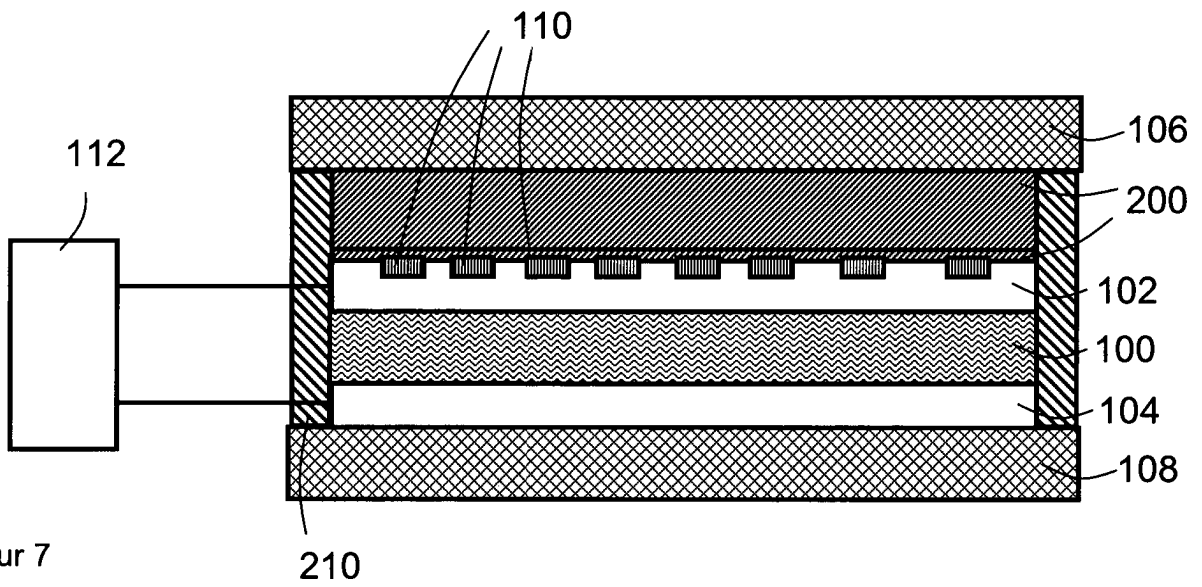




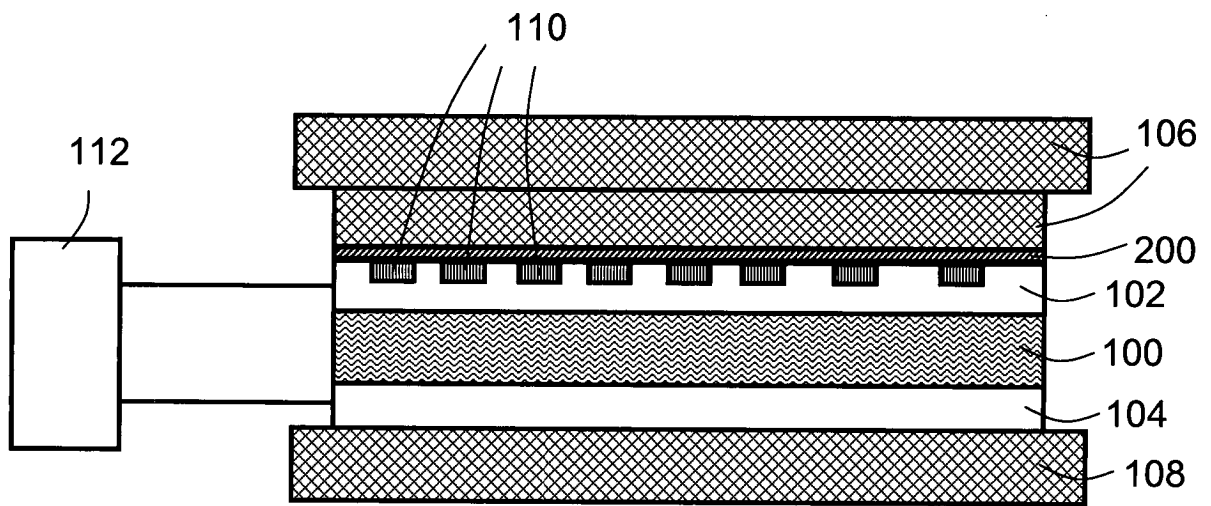
Figur 5



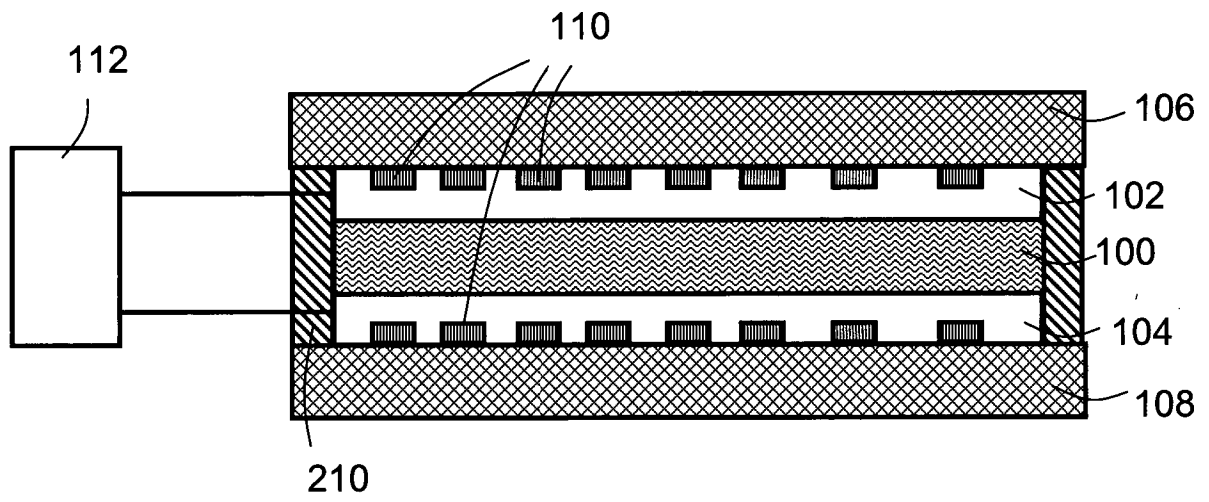
Figur 6



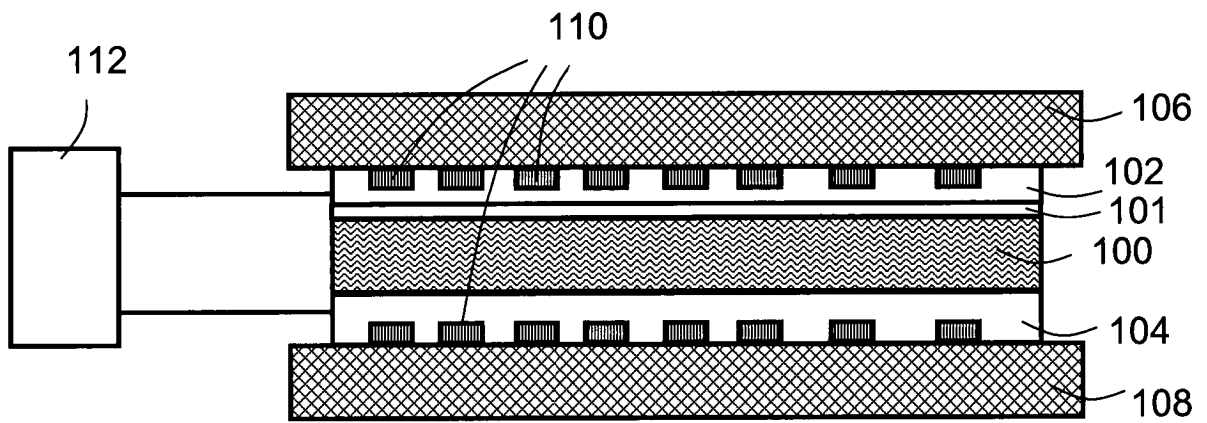
Figur 7



Figur 8



Figur 9



Figur 10