



(10) **DE 10 2015 219 680 A1** 2016.06.09

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 219 680.1**

(22) Anmeldetag: **12.10.2015**

(43) Offenlegungstag: **09.06.2016**

(51) Int Cl.: **B60J 3/06** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**10-2014-0172482 03.12.2014 KR**

(71) Anmelder:

**Hyundai Motor Company, Seoul, KR; INDUSTRY  
ACADEMY COOPERATION FOUNDATION OF  
SEJONG UNIVERSITY, Seoul, KR; Kia Motors  
Corp., Seoul, KR**

(74) Vertreter:

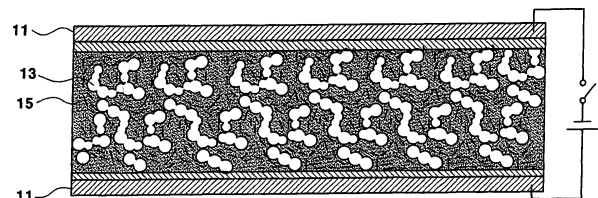
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte  
PartmbB, 81925 München, DE**

(72) Erfinder:

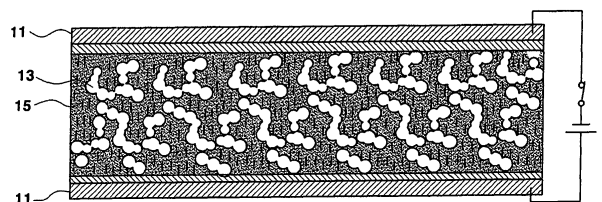
**Kim, Hyun Sub, Seoul, KR; Kong, Nak Kyoung,  
Seongnam-si, Gyeonggi-do, KR; Oh, Young Sub,  
Suwon-si, Gyeonggi-do, KR; Lee, Jin Hee, Seoul,  
KR; Seo, Yong Ho, Seoul, KR**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Smart-Fenster verwendend Aerogel**



(57) Zusammenfassung: Ein Smart-Fenster umfassend ein Paar an transparenten Elektroden, die voneinander beabstandet sind, um aufeinander zu zeigen. Poröses Aerogel, wird zwischen dem Paar an transparenten Elektroden angeordnet. Flüssigkristalle werden zwischen dem Paar an transparenten Elektroden angeordnet und füllen die Poren des Aerogels. Das Smart-Fenster streut mehr Licht, da eine Schnittstelle zwischen dem Aerogel und den Flüssigkristallen durch Füllen von Poren des Aerogels mit den Flüssigkristallen maximiert wird.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Smart-Fester (auch bezeichnet als intelligentes Fenster, Smart-Window, etc.) verwendend ein Aerogel. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf ein Smart-Fester, welches Aerogel mit hoher Porosität verwendet, das mehr Licht verstreut, da eine Schnittstelle zwischen dem Aerogel und Flüssigkristallen maximiert wird und folglich eine hohe Lichtblockierungsrate und eine niedrige Antriebsspannung erreicht.

### Stand der Technik

**[0002]** In der Automobilindustrie werden fortgeschrittene Technologien betreffend Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie, Energie und Umweltthemen vereint. In den letzten Jahren wurden hohe Effizienz, Sicherheit und Annehmlichkeit wichtig, da die Durchsetzung von Umweltgesetzen und Privatsphäre und der Lebensstandard ansteigen. Als ein Beispiel erfährt die Smart-Fenstertechnologie, die Energieeffizienz verbessern und die Sensitivität und Funktionalität erfüllen kann, eine große Aufmerksamkeit.

**[0003]** Die Smart-Fenstertechnologie bezeichnet eine aktive Steuertechnologie, die Energieverluste reduzieren kann und dem Kunden eine angenehme Umgebung durch Steuern des Durchlässigkeitsgrades von Licht, welches von außen eingeleitet wird, zur Verfügung zu stellt. Die aktive Steuertechnologie wird auch als Basistechnologie bezeichnet, welche in verschiedenen Industrien angewendet wird, wie beispielsweise Transport, Informationsanzeigen und Architektur. Da die Smart-Fenstertechnologie eine schnelle Zustandswandlung nur durch eine Betätigung umfasst und verschiedene fortgeschrittene angenehme Funktionalitäten zur Verfügung stellt, wird es erwartet, dass sie aktiv angewendet und entwickelt wird, um Fahrzeuge mit großen Vorzügen zu schaffen.

**[0004]** Ein Smart-Fenster wurde bisher unter Verwendung von flüssigen, verteilten Polymerkristallen (engl.: polymer dispersed liquid crystal; im Folgenden „PDLC“) hergestellt. Bei PDLC werden mikrometergroße Flüssigkristallpartikel in einer Polymermatrix verteilt und der Lichtdurchlässigkeitsgrad wird auf Grund eines Brechungsindexunterschiedes zwischen den Flüssigkristallpartikeln und einem Polymer, der durch eine Spannung von außen hervorgerufen wird, gesteuert.

**[0005]** Bezugnehmend auf **Fig. 1A**, während eines AUS-Zustandes, in dem keine Spannung anliegt, werden Flüssigkristallpartikel unregelmäßig angeordnet, wodurch Licht aufgrund eines Brechungs-

indexunterschiedes in einer Polymermatrix verteilt/verstreut wird. Bezugnehmend auf **Fig. 1B**, während eines AN-Zustandes, in dem Spannung anliegt, werden Flüssigkristallpartikel regelmäßig angeordnet, um den gleichen Brechungsindex in der Polymermatrix aufzuweisen und das Licht zu übertragen. Die Lichtundurchlässigkeit durch Verteilung und die Lichtdurchlässigkeit durch Anlegen einer Spannung sind wichtige Faktoren zum Ermitteln der Leistungsfähigkeit eines Smart-Fensters.

**[0006]** Das PDLC verwendend die Polymermatrix kann eine Trübung des Smart-Fensters hervorrufen. Das PDLC weist eine trübe Farbe auf und härtet aus und verändert sich, wenn es UV-Licht ausgesetzt wird. Demgemäß kann die Farbe des Smart-Fensters sich im Laufe der Zeit gelb verfärben.

**[0007]** Ferner, da der größte Teil eines elektrischen Feldes, das an die transparente Elektrode angrenzend an die Polymermatrix angelegt wird, durch induzierte Polarisation des Polymers aufgrund einer hohen Dielektrizitätskonstante der Polymermatrix abgeschirmt wird, ist eine hohe Antriebsspannung notwendig.

**[0008]** Im Allgemeinen sollte das PDLC mit den Flüssigkristallen mit 50% oder weniger basierend auf dem gesamten Smart-Fenster gefüllt werden, um die Flüssigkristalle daran zu hindern keine Tropenform einzunehmen und sperrig zu werden. Hier, da eine Schnittstelle zwischen der Polymermatrix und dem Flüssigkristall nicht genug ist, ist ein Lichtblockierungsverhältnis gering. Ferner wird eine Antriebsspannung weiter erhöht, falls eine Dicke größer wird, um die Schnittstelle zu erhöhen.

**[0009]** Die oben offenbarte Information zum Stand der Technik dient nur der Verbesserung des Verständnisses des Hintergrundes der Erfindung und kann daher Informationen umfassen, die nicht zum Stand der Technik gehören, der einem Fachmann in diesem Land bereits bekannt ist.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0010]** Die vorliegende Offenbarung erfolgte im Rahmen einer Anstrengung, um die oben beschriebenen Probleme des Stand der Technik zu lösen.

**[0011]** Ein Aspekt des vorliegenden erfinderischen Konzepts stellt ein Smart-Fenster zur Verfügung verwendend Aerogel, welches eine hohe Porosität von 95% oder mehr aufweist.

**[0012]** Ein weiterer Aspekt des vorliegenden erfinderischen Konzepts stellt ein sauberes Smart-Fenster zur Verfügung, welches nicht zum Gelb werden neigt und welches einen geringeren Trübungswert

aufgrund der Verwendung von Aerogel anstatt der Verwendung einer Polymermatrix aufweist.

**[0013]** Ein weiterer Aspekt des vorliegenden erfinderischen Konzepts stellt ein Smart-Fenster zu Verfügung, das einen Brechungsindex eines Aerogels durch Einstellen eines Verhältnisses von Si und Ti in einem aus Si-Ti-gemischtem Aerogel steuern kann.

**[0014]** Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die oben beschriebenen Aspekte beschränkt und andere Aspekte und Vorteile des vorliegenden erfinderischen Konzepts, welche nicht beschrieben wurden, werden durch die folgende Beschreibung verständlich und werden durch die Ausführungsformen des vorliegenden erfinderischen Konzepts ersichtlich. Zusätzlich wird angenommen, dass die Aspekte und Vorteile des vorliegenden erfinderischen Konzepts einfach durch die anhängten Ansprüche und Kombinationen davon erkannt werden.

**[0015]** Um die obigen Aspekte zu erreichen, umfasst die vorliegende Veröffentlichung die folgenden Komponenten.

**[0016]** Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform des vorliegenden erfinderischen Konzepts umfasst ein Smart-Fenster ein Paar an transparenten Elektroden, die voneinander beabstandet sind, um aufeinander zu zeigen. Poröses Aerogel ist zwischen dem Paar an Elektroden angeordnet. Flüssigkristalle sind zwischen den transparenten Elektroden angeordnet und füllen Poren des Aerogels.

**[0017]** Das Aerogel kann eine Porosität von 60% oder mehr aufweisen.

**[0018]** Das Aerogel kann Kieselsäureaerogel (Siliziumdioxidaerogel; engl.: silica aerogel) oder ein aus Si-Ti-gemischtes Aerogel sein. Das Verhältnis von Si und Ti in dem Si-Ti-gemischtem Aerogel kann variieren, um einen Brechungsindex des Aerogels zu steuern.

**[0019]** Das Verhältnis von Si und Ti kann 1:1 bis 10:1 betragen.

**[0020]** Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform des vorliegenden erfinderischen Konzepts umfasst ein Verfahren zum Herstellen eines Kieselsäureaerogels (a) das Herstellen einer gemischten Lösung durch Mischen von Tetramethylorthosilicat (TMOS) oder Tetraethylorthosilicat (TEOS) mit Ammoniakwasser ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) und Methanol; (b) das Auftragen der gemischten Lösung auf eine transparente Elektrode; und (c) das Gelieren der gemischten Lösung durch Anordnen der beschichteten transparenten Elektrode (die Elektrode auf die die gemischte Lösung aufgetragen wurde) in einer Alkoholatmosphäre.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des vorliegenden erfinderischen Konzepts umfasst ein Verfahren zur Herstellung von Si-Ti-gemischtem Aerogel (auch bezeichnet als ein aus Si und Ti gemischtes Aerogel) (a) das Herstellen einer Lösung durch Mischen von Tetraethoxysilan (TEOS) oder Methytriethoxysilan (Me-TES), Isopropylalkohol und Salpetersäure; (b) das Herstellen einer zweiten Lösung durch Mischen von Acetylaceton und Ti-Acetylacetonat; (c) das Reagieren der ersten Lösung und der zweiten Lösung miteinander durch das Mischen davon; (d) das Auftragen der gemischten Lösung aus (c) auf eine transparente Elektrode; und (e) das Trocknen der transparenten Elektrode, die mit der gemischten Lösung beschichtet wurde und das anschließende Wärmen davon.

**[0022]** Weitere Aspekte und beispielhafte Ausführungsformen des vorliegenden erfinderischen Konzepts werden im Folgenden diskutiert.

**[0023]** Es muss verstanden werden, dass der Begriff „Fahrzeug“ oder „Wagen“ oder ein ähnlicher Begriff, der hier verwendet wird, Motorfahrzeuge im Allgemeinen, wie beispielsweise Passagierautomobile, Sportgerätefahrzeuge (SUV), Busse, LKW, verschiedene kommerzielle Fahrzeuge, Wasserfahrzeuge umfassend eine Vielzahl an Booten und Schiffen, Luftfahrzeuge und dergleichen umfasst und ferner Hybridfahrzeuge, elektrische Fahrzeuge, Plug-in-Hybridfahrzeuge, wasserstoffgetriebene Fahrzeuge und andere mit alternativen Kraftstoffen angetriebene Fahrzeuge (beispielsweise Kraftstoffe, die aus anderen Rohstoffen als Erdöl gewonnen werden) umfasst. So wie es hier verwendet wird, ist Hybridfahrzeug ein Fahrzeug, welches zwei oder mehr Leistungsquellen umfasst, beispielsweise sowohl kraftstoffgetriebene als auch elektrisch angetriebene Fahrzeuge.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0024]** Die obigen und weiteren Merkmale des vorliegenden erfinderischen Konzepts werden nun im Detail unter Bezugnahme auf bestimmte, beispielhafte Ausführungsformen davon beschrieben, die in den beigefügten Zeichnung dargestellt sind, die im Folgenden nur zum Zwecke der Darstellung offenbart werden und folglich die vorliegende Offenbarung nicht einschränken.

**[0025]** Fig. 1A und Fig. 1B stellen ein schematisches Diagramm dar, das Strukturen bekannter PDLCs darstellt.

**[0026]** Fig. 2A und Fig. 2B zeigen ein schematisches Diagramm, das Strukturen der Smart-Fenster verwendend Aerogel gemäß der vorliegenden Veröffentlichung zeigt.

**[0027]** Fig. 3 ist ein Bild des Smart-Fensters aufweisend Kieselsäureaerogel, welches gemäß einer Ausführungsform des vorliegenden erfinderischen Konzepts hergestellt wurde.

**[0028]** Fig. 4 ist ein Bild des Si-Ti-gemischten Aerogels, welches gemäß einer Ausführungsform des vorliegenden erfinderischen Konzepts hergestellt wurde.

**[0029]** Fig. 5 ist ein Graph, der eine Querschnittsprofil entlang der Linie A-A von Fig. 4 zeigt.

**[0030]** Fig. 6 ist ein Bild des Smart-Fensters aufweisend ein aus Si-Ti-gemischtes Aerogel, welches gemäß einer Ausführungsform des vorliegenden erfinderischen Konzepts hergestellt wurde.

**[0031]** Fig. 7 ist ein Bild das vergrößerte Flüssigkristalltröpfchen zeigt, die in Poren des Si-Ti-gemischten Aerogels gefüllt werden.

**[0032]** Fig. 8 stellt einen Graph dar, der das Ergebnis des Messens des Durchlässigkeitsgrades des Smart-Fensters zeigt, der das Si-Ti-gemischte Aerogel mit dem hohen Si-Anteil aufweist.

**[0033]** Fig. 9 zeigt einen Graph, der das Ergebnis des Messens des Durchlässigkeitsgrades des Smart-Fensters zeigt, welches Si-Ti-gemischtes Aerogel mit einem hohen Ti-Anteil aufweist.

**[0034]** Es muss verstanden werden, dass die angehängten Zeichnungen nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind, sondern eine etwas vereinfachte Darstellung verschiedener Merkmale zeigen, die die Grundprinzipien der Offenbarung veranschaulichen sollen. Die speziellen Gestaltungsmerkmale der vorliegenden Offenbarung, so wie sie hier offenbart sind, umfassend beispielweise spezielle Abmessungen, Ausrichtungen, Anordnungen und Formen, werden zum Teil durch die spezielle, vorgesehene Anwendung und die Umgebung festgelegt.

**[0035]** In den Figuren bezeichnen Bezugszeichen die gleichen oder äquivalenten Teile der vorliegenden Offenbarung.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0036]** Im Folgenden erfolgt eine Bezugnahme im Detail auf verschiedene Ausführungsformen des vorliegenden erfinderischen Konzepts, wobei Beispiele in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind und weiter unten beschrieben werden. Während das vorliegende erfinderische Konzept in Verbindung mit beispielhaften Ausführungsformen beschrieben wird, muss verstanden werden, dass die vorliegende Beschreibung nicht dazu gedacht ist, um die Offenbarung auf diese beispielhaften Ausführungsformen zu beschränken. Im Gegenzug ist es angedacht, dass

die Offenbarung nicht nur die beispielhaften Ausführungsformen abdeckt, sondern verschiedene Alternativen, Modifikationen, Äquivalente und anderen Ausführungsformen, die in dem Geist und dem Schutzbereich der Erfindung, wie er durch die Angehängten Ansprüche festgelegt wird, umfasst sind.

**[0037]** Bezugnehmend auf Fig. 2A und Fig. 2B kann ein Smart-Fenster verwendenden Aerogel gemäß der vorliegenden Offenbarung ein Paar an transparenten Elektroden **11**, welche getrennt voneinander angeordnet sind, um aufeinander mit einem kleinen Abstand dazwischen zu zeigen, umfassen. Poröses Aerogel **13** ist zwischen den transparenten Elektroden **11** angeordnet. Flüssigkristalle **15** füllen Poren des Aerogels **13** und sind zwischen transparenten Elektroden **11** angeordnet.

**[0038]** Die transparenten Elektroden **11** sind Glas- oder Polyethylenterephthalatfolien (PET), die mit einer durchsichtigen, leitenden, dünnen Folie, wie beispielweise Indiumzinnoxid (ITO), mit fluordotiertem Zinnoxid (FTO) und dergleichen beschichtet sind, und sind mit einer externen Leistungsquelle des Smart-Fensters verbunden. Wenn die externe Leistungsquelle sich in einem AN-Zustand befindet, wird ein elektrisches Feld in einem Raum zwischen den transparenten Elektroden **11** erzeugt. Das Aerogel **13** kann einen Unterschied zwischen dem Durchlassen und dem Blockieren von Licht aufgrund seiner hohen Porosität maximieren. Wie oben beschrieben wurde, werden die im Polymer verteilten Flüssigkristalle (PDLC) mit Flüssigkristallen mit 50% oder weniger gefüllt. Falls mehr als die 50% an Flüssigkristallen in dem bekannten PDLC vorhanden sind, bilden die Flüssigkristalle keine Tröpfchenform aus und werden sperrig, wodurch der Lichtdurchlässigkeitsgrad nicht effektiv vermindert werden kann und ein Blockieren nicht effektiv durchgeführt werden kann.

**[0039]** Im Gegenzug weist das Aerogel **13** eine hohe Porosität auf. Demgemäß, wenn die Flüssigkristalle **15** in den Raum des Aerogels **13** gefüllt werden, wird eine Schnittstelle bzw. Verbindung zwischen dem Aerogel **13** und den Flüssigkristallen **15** maximiert und die Flüssigkristalle werden von dem Aerogel **13** erfasst. Folglich kann das Aerogel **13** mehr Flüssigkristalle **15** als das bekannte PDLC aufweisen und eine gleichmäßige Form, Größe und Anordnung aufweisen.

**[0040]** Die Porosität des Aerogels **13** kann 60% oder mehr betragen oder kann 95% oder mehr betragen, da das Aerogel **13** mit der Porosität von 60% oder weniger nicht mit genug Flüssigkristallen **15** gefüllt werden kann.

**[0041]** Ferner, so wie die Verbindung des Aerogels **13** und der Flüssigkristalle **15** ansteigt, wird das Licht mehrere Male gebrochen, wenn es in das

Smart-Fenster während des AUS-Zustands einfällt, wodurch eine Lichtblockierungsrate erhöht wird. Aus diesem Grund kann Licht mit einem 30° Winkel gebrochen werden, während es die Schnittstelle/Verbindung (engl.: interface) passiert und kann anschließend mit einem 60° Winkel gebrochen werden, während es die nächste Schnittstelle und dergleichen passiert. Demgemäß wird das Licht in einem 90° Winkel oder mehr gebrochen, wodurch das Licht daran gehindert wird, übertragen zu werden. Folglich kann ein Smart-Fenster mit verbesserten optischen Eigenschaften zur Verfügung gestellt werden, aufgrund des Unterschiedes zwischen dem Lichtblockieren im AUS-Zustand und der Lichtdurchlässigkeit im AN-Zustand.

**[0042]** Ferner, da es eine ausreichende Schnittstelle zwischen dem Aerogel **13** und den Flüssigkristallen **15** gibt, werden die optischen Eigenschaften weiter verbessert im Vergleich zu dem bekannten PDLC, sogar wenn die Dicke des Smart-Fensters relativ gering ist. Demgemäß kann ein dünnes Smart-Fenster mit einer geringen Antriebsspannung erhalten werden.

**[0043]** Das Aerogel **13** weist eine geringe thermische Leitfähigkeit von ungefähr 0,03 W/m·K und einen sehr hohen Schmelzpunkt von ungefähr 1200°C auf, wodurch die mechanische und chemische Stabilität erhöht wird.

**[0044]** Ferner neigt das Aerogel **13** nicht zur Gelbfärbung, die bei einer Polymermatrix auftritt und weist einen geringen Trübungsgrad auf, wodurch ein sauberes und qualitativ hochwertiges Smart-Fenster zur Verfügung gestellt wird.

**[0045]** Das Aerogel **13** kann Kieselsäure(Siliciumdioxid; SiO<sub>2</sub>)-Aerogel sein, welches das gemeinhin am meisten verwendete Material für Aerogele ist, ist jedoch nicht darauf beschränkt und kann ein Si-Ti-gemischtes Aerogel sein.

**[0046]** Die vorliegende Offenbarung kann den Brechungsindex des Aerogels **13** durch Steuern eines Mischverhältnisses von Si und Ti des Si-Ti-gemischten Aerogels einstellen. Demgemäß kann das Aerogel **13** durch Zuordnen des Brechungsindex zu verschiedenen Typen von Flüssigkristallen **15** verwendet werden.

**[0047]** Das Si-Ti-Mischungsverhältnis kann sich in einem Bereich von 1:1 bis 10:1 befinden. Falls das Mischungsverhältnis weniger als 1:1 beträgt, kann der Brechungsindex zu hoch werden, wodurch eine Lücke zwischen dem Brechungsindex des Aerogels **13** und dem Brechungsindex der Flüssigkristalle **15** hervorgerufen wird. Falls das Verhältnis mehr als 10:1 beträgt, kann das Aerogel **13** sich nicht gut mit den Flüssigkristallen **15** mischen.

**[0048]** Die Flüssigkristalle **15** interagieren mit einem elektrischen Feld, das durch die transparenten Elektroden **11** erzeugt wird, wodurch das Licht aktiv übertragen oder gestreut wird. Die Flüssigkristalle **15** können parallel zu einer äußeren Fläche des Aerogels **13** angeordnet werden, während sie die Verbindung mit dem Aerogel **13** in dem AUS-Zustand ohne daran anliegende Spannung eingehen, wodurch das Licht gestreut wird. Während des AN-Zustands, in dem Spannung anliegt, sind die Flüssigkristalle **15** parallel zu dem elektrischen Feld angeordnet, das durch die transparenten Elektroden **11** erzeugt wird und weisen den gleichen Brechungsindex wie der Brechungsindex des Aerogels **13** auf, wodurch das Licht übertragen wird, anstatt es zu streuen.

**[0049]** Die Flüssigkristalle **15** können auf die transparenten Elektroden **11** beschichtet werden, nachdem sie mit dem Aerogel **13** gemischt wurden, von den Poren des Aerogels **13** durch eine Kapillarkraft absorbiert wurden und anschließend, nachdem das Aerogel **13** auf den transparenten Elektroden **11** beschichtet wurde, fixiert werden. Im Folgenden werden Verfahren zur Herstellung von Kieselsäureaerogel und Si-Ti-gemischtem Aerogel im Detail beschrieben. In der vorliegenden Offenbarung wird das Kieselsäureaerogel oder das Si-Ti-gemischte Aerogel hergestellt als eine 1 bis 10 µm dicke Folie.

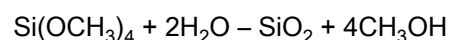
**[0050]** Das Verfahren zur Herstellung des Kieselsäureaerogels kann umfassen: a) das Herstellen einer gemischten Lösung durch Mischen von Tetramethylorthosilicat (TMOS) oder Tetraethylorthosilicat (TEOS) mit Ammoniakwasser (NH<sub>4</sub>OH) und Methanol; (b) Auftragen der gemischten Lösung auf eine transparente Elektrode; und (c) das Gelieren der gemischten Lösung durch Anordnen der transparenten Elektrode, die mit der gemischten Lösung beschichtet wurde, in einer Alkoholatmosphäre.

**[0051]** Das Ammoniakwasser wird als Katalysator hinzugefügt, um ein Geliervhältnis im Schritt (c) zu erhöhen.

**[0052]** Die Beschichtung kann durch Rotationsbeschichtung, Drahtbeschichtung (engl: wire bar coating), Rakelbeschichtung (engl: doctor blade coating) und dergleichen erfolgen.

**[0053]** Das Gelieren im Schritt c) wird gemäß der folgenden Reaktionsgleichung 1 durchgeführt.

Reaktionsgleichung 1:



**[0054]** Bei der Reaktion der obigen Reaktionsgleichung 1 werden große Poren in dem Aerogel ausgebildet sowie Alkohol erzeugt und verdampft wird.

**[0055]** Das Verfahren zu Herstellung des Si-Ti-gemischten Aerogels kann umfassen: a) Herstellen einer A-Lösung durch Mischen von Tetraethoxysilan (TEOS) oder Methyltrioxysilan (Me-TES), Isopropylalkohol und Salpetersäure; b) Ausbilden einer B-Lösung durch Mischen von Acetylaceton und Ti-Acetylacetonat; (c) durch Reagieren lassen der A-Lösung und der B-Lösung durch das Mischen davon; (d) Auftragen der gemischten Lösung aus Schritt (c) auf eine transparente Elektrode; und (e) Trocknen der transparenten Elektrode, die mit der gemischten Lösung beschichtet wurde und das anschließende Erwärmen.

**[0056]** Das Trocknen in dem Schritt (e) wird in einem luftdichten Container in einer Alkoholatmosphäre durchgeführt, um Risse in dem Aerogel zu vermeiden.

**[0057]** Das mit dem obigen Verfahren hergestellte Aerogel weist einen Vorteil auf, dass es einen hohen Durchlässigkeitsgradeinstellbereich aufweist, da Flüssigkristalle einfach in dem Aerogel mit großen Poren und Porosität aufgenommen werden.

#### Beispiele

**[0058]** Die folgenden Beispiele stellen die Offenbarung dar, und sind nicht dazu gedacht, um dies einzuschränken.

##### Beispiel 1: Herstellen eines Smart-Fensters aufweisend Kieselsäureaerogel

- (a) TMOS 3 ml, 0,069 mol% Ammoniakwasser 0,73 ml und Methanol 1,8 ml wurden gemischt, um eine gemischte Lösung vorzubereiten.
- (b) Die gemischte Lösung wurde durch Rotation auf eine transparente Elektrode aufgetragen.
- (c) Die transparente Elektrode, die mit der gemischten Lösung beschichtet wurde, wurde für ungefähr 10 Stunden in einer Alkoholatmosphäre zum Gelieren der gemischten Lösung getrocknet.
- (d) Ein weiteres Paar an transparenten Elektroden wurde an eine Oberseite des Kieselsäureaerogels nachdem das Gelieren abgeschlossen wurde gebondet, und Flüssigkristalle wurden in das Kieselsäureaerogel mittels Kapillarkraft injiziert, um einen Smart-Fenster-Prototypen herzustellen.

##### Beispiel 2: Herstellen eines Smart-Fensters aufweisend Si-Ti-gemischtes Aerogel

- (a) 0,55 M TEOS 1,23 ml, 0,3 M Me-TES 0,565 ml, 0,4 M Isopropylalkohol 0,28 ml, und 0,343 M Salpetersäure 0,146 ml wurden gemischt, um eine A-Lösung vorzubereiten.
- (b) 1 M Acetylaceton 2,91 ml und 1 M Ti-Acetylacetonat 1,04 ml wurden gemischt, um eine B-Lösung vorzubereiten.

(c) Die A-Lösung und die B-Lösung wurden gemischt und reagierten für zwei Stunden.

(d) Die gemischte Lösung von Schritt (c) wurde für 15 min gerührt und anschließend auf eine transparente Elektrode durch Rotation aufgetragen.

(e) Die transparente Elektrode, die mit der gemischten Lösung beschichtet wurde, wurde für vier Tage in einem luftdichten Container in einer Alkoholatmosphäre getrocknet, zwei Tage an der Luft getrocknet und anschließend bei 50°C für zehn Stunden erwärmt.

(f) Ein weiteres Paar an transparenten Elektroden wurde an eine Oberseite des Si-Ti-gemischten Aerogels gebondet, und Flüssigkristalle wurden in das Si-Ti-gemischte Aerogel mittels Kapillarkraft injiziert, um einen Smart-Fenster-Prototypen herzustellen.

##### Messungsbeispiel 1: Lichtblock eines Smart-Fensters aufweisend Kieselsäureaerogel.

**[0059]** Fig. 3 ist ein Bild eines Smart-Fensters aufweisend Kieselsäureaerogel, welches im Beispiel 1 hergestellt wurde. Licht wird an einer Schnittstelle der Flüssigkristalle und des Aerogels während des AUS-Zustands gestreut, wobei Spannung nicht an die transparente Elektrode angelegt wurde, wodurch der opake Zustand aufrechterhalten wurde.

##### Messungsbeispiel 2: Oberflächenanalyse des Si-Ti-gemischten Aerogels

**[0060]** Um eine Oberfläche des Si-Ti-gemischten Aerogels zu analysieren, das im Beispiel 2 hergestellt wurde, wurde die Porenstruktur unter Verwendung eines Atomkraftmikroskops (Rasterkraftmikroskop; AFM) bestätigt.

**[0061]** Fig. 4 ist ein Bild von Poren des Aerogels unter Verwendung des AFM und eine Porenhöhe beträgt ungefähr 10 nm und eine Porengröße beträgt ungefähr 100 nm.

**[0062]** Fig. 5 stellt einen Graph dar, der ein Querschnittsprofil des Aerogels entlang der Linie A-A von Fig. 4 zeigt, in dem die Poren des Aerogels gleichmäßig verteilt sind.

**[0063]** Gemäß Messungsbeispiel 2 konnte bestätigt werden, dass das Si-Ti-gemischte Aerogel, das durch das obige Herstellungsverfahren hergestellt wurde, eine Vielzahl an feinen Poren im Nanometerbereich ausbildet.

##### Messbeispiel 3: Oberflächenanalyse des Smart-Fensters aufweisend Si-Ti-gemischtes Aerogel

**[0064]** Fig. 6 ist ein Bild des Smart-Fensters aufweisend Si-Ti-gemischtes Aerogel, welches im Beispiel 2 hergestellt wurde, in welchem das Licht an

der Schnittstelle der Flüssigkristalle und des Aerogels während des AUS-Zustands gestreut wird, in dem die Spannung nicht an der transparenten Elektrode anliegt, wodurch der opake Zustand aufrechterhalten wird. Ferner konnte bestätigt werden, dass das Smart-Fenster verwendend das Aerogel saubere und hochwertige Außeneigenschaften aufgrund seines geringen Trübungswertes im Vergleich mit dem bekannten PDLC umsetzen kann.

**[0065]** Fig. 7 ist ein Bild, das 200-fach vergrößerte Flüssigkristalltröpfchen zeigt, die in Poren des Si-Ti-gemischten Aerogels gefüllt werden und die Flüssigkristalltröpfchen weisen ungefähr eine Größe von 10 µm auf. Wie in Fig. 7 gezeigt, wurde herausgefunden, dass das Flüssigkristall eine konstante Größe, Form und Anordnung durch Injizieren der Flüssigkristalle in das Aerogel ausbilden kann.

Messbeispiel 4: Optische Eigenschaften des Smart-Fensters aufweisend Si-Ti-gemischtes Aerogel

**[0066]** Der Durchlässigkeitsgrad des Smart-Fensters aufweisend Si-Ti-gemischtes Aerogel, das im Beispiel 2 hergestellt wurde, wurde unter Verwendung einer spektralen Durchlässigkeitsgradmessrichtung (Cary 5000 UV-vis-NIR, Agilent) gemessen.

**[0067]** Wie oben beschrieben wurde, kann das Si-Ti-gemischte Aerogel den Brechungsindex durch Steuern des Mischungsverhältnisses von Si-Ti einstellen.

**[0068]** Fig. 8 zeigt einen Graph, der die Ergebnisse des Messens des Durchlässigkeitsgrades eines Smart-Fensters zeigt, das Si-Ti-gemischtes Aerogel mit hohem Si-Anteil (Si:Ti = 1,65:1) aufweist, und Fig. 9 ist ein Graph, der die Ergebnisse des Messens des Durchlässigkeitsgrades eines Smart-Fensters zeigt, welches Si-Ti-gemischtes Aerogel mit hohem Ti-Anteil aufweist (Si:Ti = 1,1:1). Der Durchlässigkeitsgrad wurde bei einer Antriebsspannung von 0, 30, 50, 70 und 100 V in Bezug auf die Wellenlänge von in das Smart-Fenster eingeführtem Licht gemessen. Die Antriebsspannung ist eine Spannung, die an die transparente Elektrode zum Erzeugen eines elektrischen Feldes an dem Smart-Fenster angelegt wurde.

**[0069]** Bezugnehmend auf Fig. 8 und Fig. 9 wurde ermittelt, dass das Smart-Fenster das Licht sogar bei einer niedrigen Antriebsspannung von 30 V aufgrund seiner geringeren Dicke überträgt. Es konnte bestätigt werden, dass das Smart-Fenster mit sehr niedriger Antriebsspannung im Vergleich zu dem PDLC das im Allgemeinen eine Antriebsspannung von 100 V aufweist, funktioniert.

**[0070]** Ferner, bezugnehmend auf Fig. 9, bei einer Wellenlänge von 600 nm weist das Smart-Fenster einen Durchlässigkeitsgrad von 22% während des AUS-Zustands (0 V) auf und weist eine Übertragung

von 65% während des AN-Zustands (30 V) auf. Demgemäß konnte ermittelt werden, dass das Smart-Fenster, welches kommerziell verwendet wird, hergestellt werden kann, da der Durchlässigkeitsgrad sich stark zwischen AUS-Zustand und dem AN-Zustand unterscheidet.

**[0071]** Bezugnehmend auf Fig. 8 zeigt der Prototyp mit dem hohen Si-Anteil einen hohen Durchlässigkeitsgrad in einem kurzen Wellenlängenbereich und der gesamte Durchlässigkeitsgrad ist verbessert. Bezugnehmend auf Fig. 9 zeigt der Prototyp mit dem hohen Ti-Anteil einen niedrigen Durchlässigkeitsgrad in einem kurzen Wellenlängenbereich und der gesamte Übertragungsgrad ist verringert.

**[0072]** Demgemäß konnte bestätigt werden, dass durch Steuern des Verhältnisses von Si und Ti der Durchlässigkeitsgrad bei jeder Wellenlänge von der kurzen Wellenlänge hin zu der langen Wellenlänge oder der gesamte Lichtdurchlässigkeitsgrad gesteuert werden können und folglich ein Smart-Fenster mit multiplen Funktionen hergestellt werden kann.

**[0073]** Das Smart-Fenster gemäß der vorliegenden Offenbarung verwendet Aerogel mit einer sehr hohen Porosität von 95% oder mehr und Poren des Aerogels werden mit Flüssigkristallen gefüllt. Folglich falls die Lichtblockierungsrate während des AUS-Zustands groß ist, da die Schnittstelle zwischen dem Aerogel und den Flüssigkristallen maximiert wird, kann das Licht stark gestreut werden. Das Smart-Fenster gemäß der vorliegenden Offenbarung weist eine niedrige Antriebsspannung auf, da das Smart-Fenster nicht dicker gemacht werden muss, um mehr Schnittstellen/Verbindungen auszubilden.

**[0074]** Da das Smart-Fenster gemäß der vorliegenden Offenbarung das Aerogel anstatt der Polymermatrix verwendet, kann ein sauberes und hochwertiges Äußeres aufgrund seines niedrigen Trübungswertes umgesetzt werden, wodurch es an einer gelben Einfärbung gehindert wird.

**[0075]** Ferner, wenn das Si-Ti-gemischte Aerogel hergestellt wird, können der Durchlässigkeitsgrad gemäß einem Wellenlängenbereich, der gesamte Lichtdurchlässigkeitsgrad und dergleichen durch Einstellen des Verhältnisses von Si und Ti gesteuert werden. Demgemäß kann das Smart-Fenster der vorliegenden Offenbarung für verschiedene Zwecke verwendet werden.

**[0076]** Das Smart-Fenster der vorliegenden Offenbarung verwendet poröses Aerogel und maximiert die Schnittstelle zwischen dem Aerogel und den Flüssigkristallen, wodurch das Licht mehrere Male gebrochen wird. Demgemäß wird eine Lichtblockierungsrate verbessert.

**[0077]** Die vorliegende Offenbarung setzt durch Maximieren der Schnittstelle eine ausreichende Lichtblockierungsrate, sogar wenn das Smart-Fenster eine geringe Dicke aufweist, um. Demgemäß sinkt eine Antriebsspannung.

**[0078]** Das Aerogel verwendende Smart-Fenster gemäß der vorliegenden Offenbarung kann eine mechanische und chemische Stabilität zur Verfügung stellen.

**[0079]** Zusätzlich kann das Smart-Fenster gemäß der vorliegenden Erfindung verwendend Aerogel anstatt der Polymermatrix ein sauberes Smart-Fenster mit einem Trübungsgrad zur Verfügung stellen, wodurch es an einer gelben Einfärbung gehindert wird.

**[0080]** Ferner kann das Smart-Fenster gemäß der vorliegenden Erfindung den Brechungsindex von Si-Ti-gemischtem Aerogel steuern, um sich mit dem Brechungsindex verschiedener Typen an Flüssigkristallen zu decken.

**[0081]** Diese Offenbarung erfolgte im Detail unter Bezugnahme auf beispielhaften Ausführungsformen davon. Jedoch wird der Fachmann erkennen, dass Veränderungen an diesen Ausführungsformen erfolgen können, ohne von den Prinzipien und dem Geist der Erfindung abzuweichen, deren Schutzzumfang in den gehängten Ansprüchen und ihren Äquivalenten festgelegt ist.

### Patentansprüche

1. Smart-Fenster, umfassend:  
ein Paar an transparenten Elektroden, die voneinander beabstandet sind, um aufeinander zu zeigen;  
poröses Aerogel, das zwischen dem Paar an transparenten Elektroden angeordnet ist; und  
Flüssigkristalle, die zwischen dem Paar an transparenten Elektroden angeordnet sind und die Poren des Aerogels füllen.

2. Smart-Fenster nach Anspruch 1, bei dem das Aerogel eine Porosität von 60% oder mehr aufweist.

3. Smart-Fenster nach Anspruch 1, bei dem das Aerogel Kieselsäureaerogel oder aus Silikon und Titan (Si-Ti) gemischtes Aerogel ist.

4. Smart-Fenster nach Anspruch 3, bei dem ein Verhältnis von Si und Ti in dem aus Si und Ti gemischten Aerogel variiert, um einen Brechungsindex des Aerogels zu steuern.

5. Smart-Fenster nach Anspruch 4, bei dem das Verhältnis von Si und Ti in dem aus Si und Ti gemischten Aerogel 1:1 bis 10:1 beträgt.

6. Verfahren zur Herstellung von Kieselsäureaerogel, umfassend:

(a) Herstellen einer gemischten Lösung durch Mischen von Tetramethylorthosilicat (TMOS) oder Tetraethylortosilicat (TEOS) mit Ammoniakwasser ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) und Methanol;  
(b) Auftragen der gemischten Lösung auf eine transparente Elektrode; und  
(c) Gelieren lassen der gemischten Lösung durch Anordnen der beschichteten transparenten Elektrode in einer Alkoholatmosphäre.

7. Verfahren zur Herstellung von aus Si und Ti gemischtem Aerogel, umfassend:

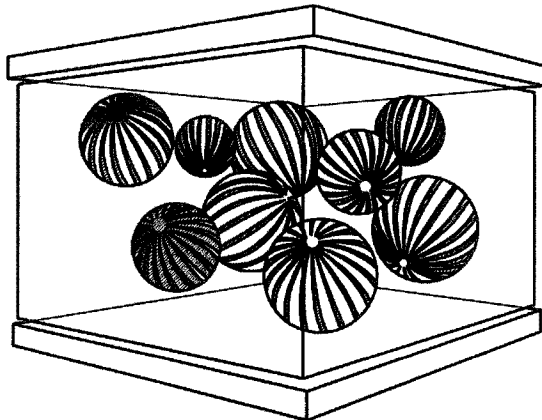
(a) Herstellen einer ersten Lösung durch Mischen von Tetraethoxysilan (TEOS) oder Methyltriethoxysilan (Me-TES), Isopropylalkohol und Salpetersäure;  
(b) Herstellen einer zweiten Lösung durch Mischen von Acetylaceton und Ti-Acetylacetonat;  
(c) Reagieren lassen der ersten Lösung und der zweiten Lösung durch das Mischen davon;  
(d) Auftragen der gemischten Lösung von (c) auf eine transparente Elektrode; und  
(e) das Trocknen der transparenten Elektrode, auf die die gemischten Lösung aufgetragen wurde, und anschließendes Erwärmen der transparenten Elektrode

8. Smart-Fenster umfassend das Kieselsäureaerogel, das gemäß dem Verfahren nach Anspruch 6 hergestellt wurde.

9. Smart-Fenster umfassen das aus Si und Ti gemischte Aerogel, das mit dem Verfahren nach Anspruch 7 hergestellt wurde.

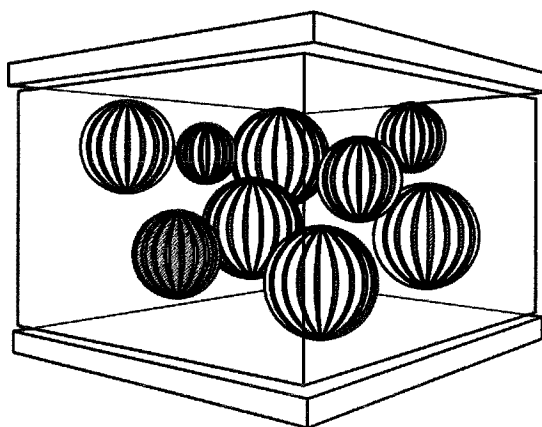
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



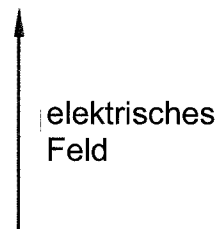
**FIG. 1A**

-- STAND DER TECHNIK --



**FIG. 1B**

-- STAND DER TECHNIK --



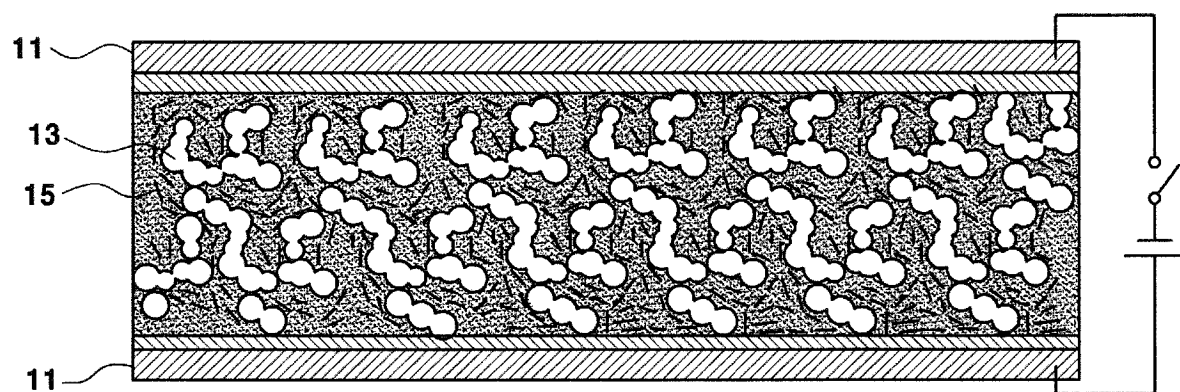


FIG. 2A

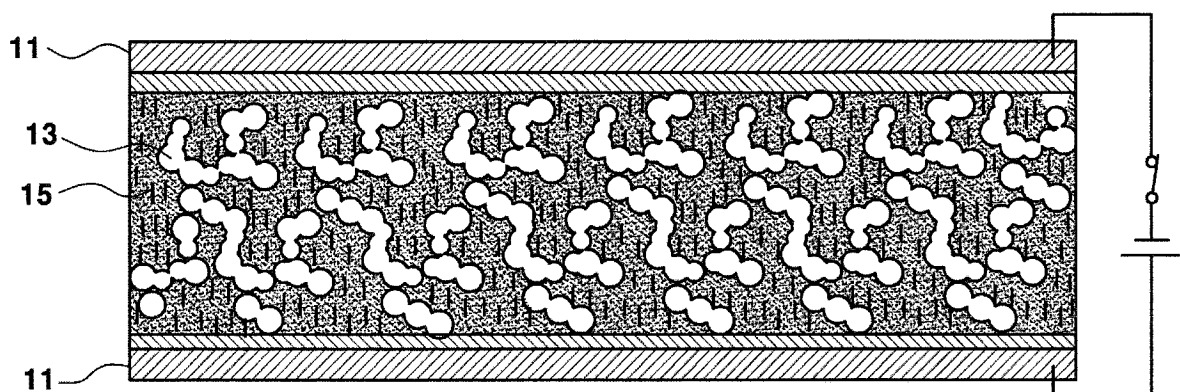


FIG. 2B

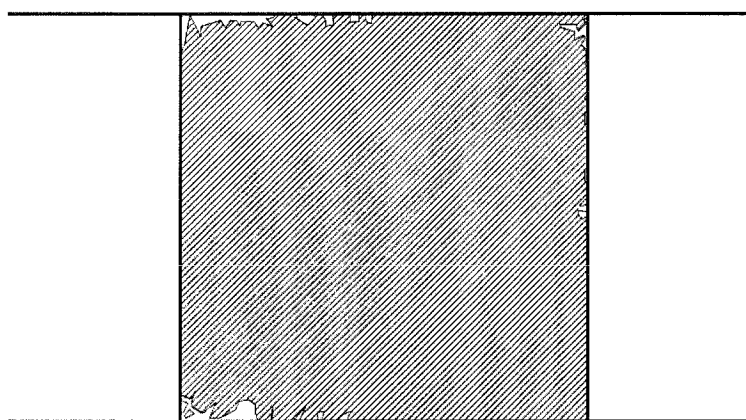
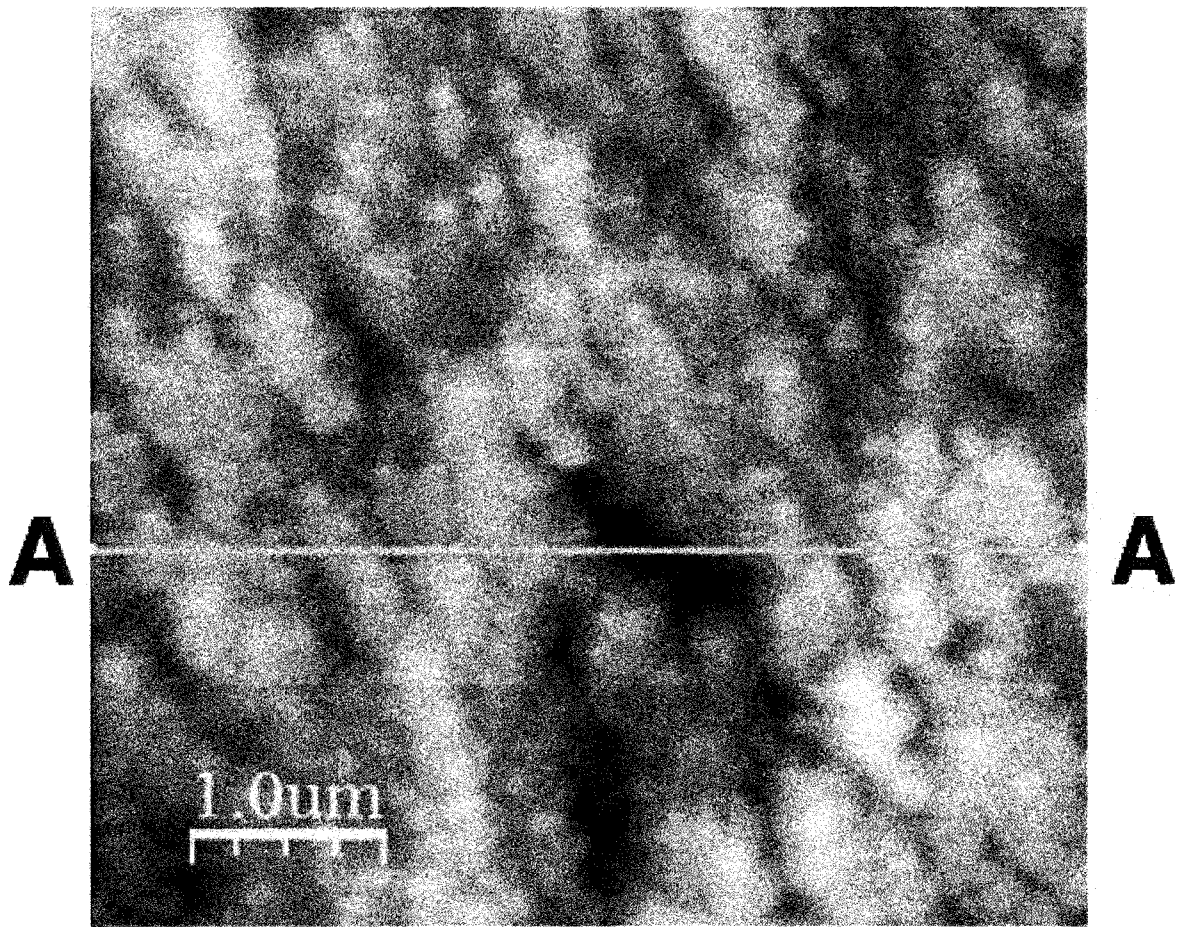
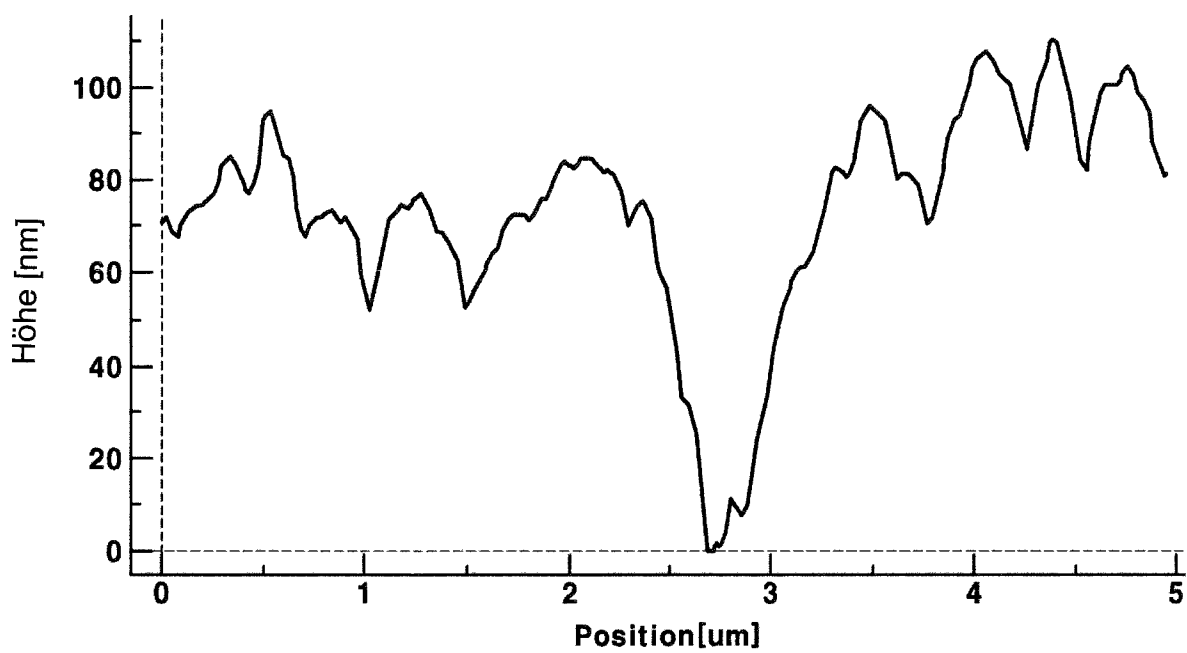


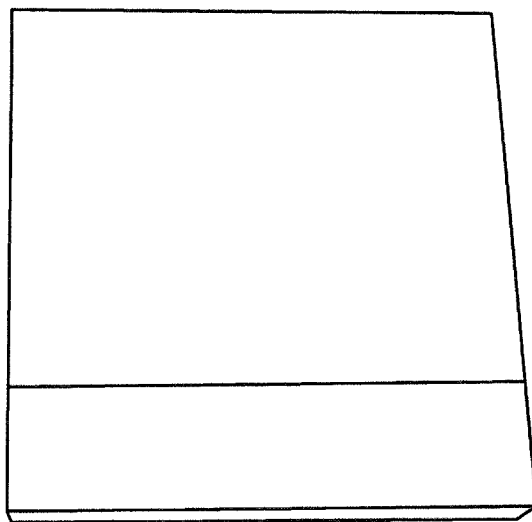
FIG. 3



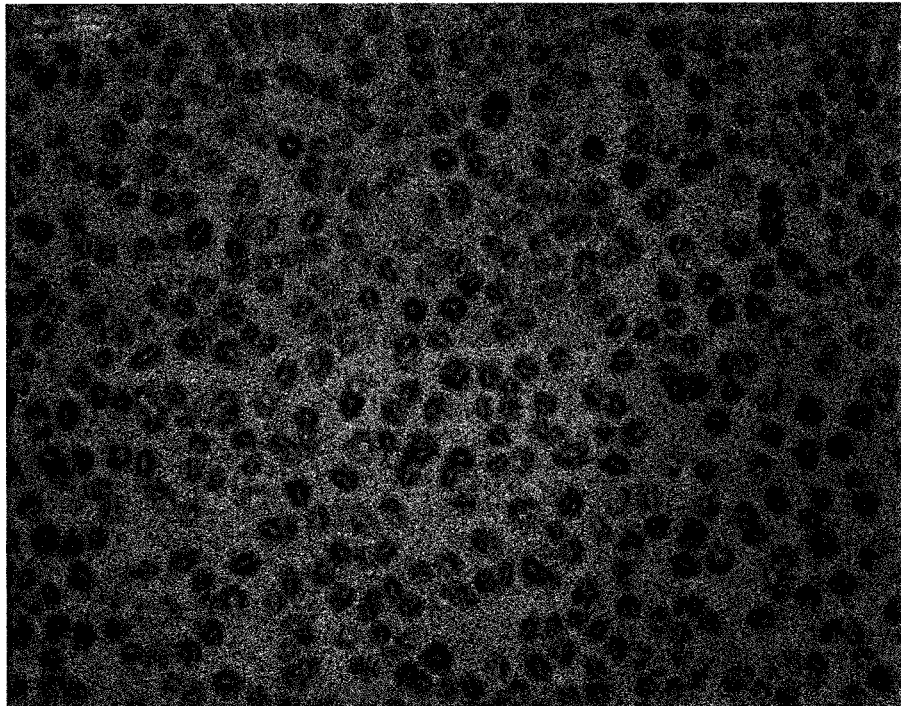
**FIG. 4**



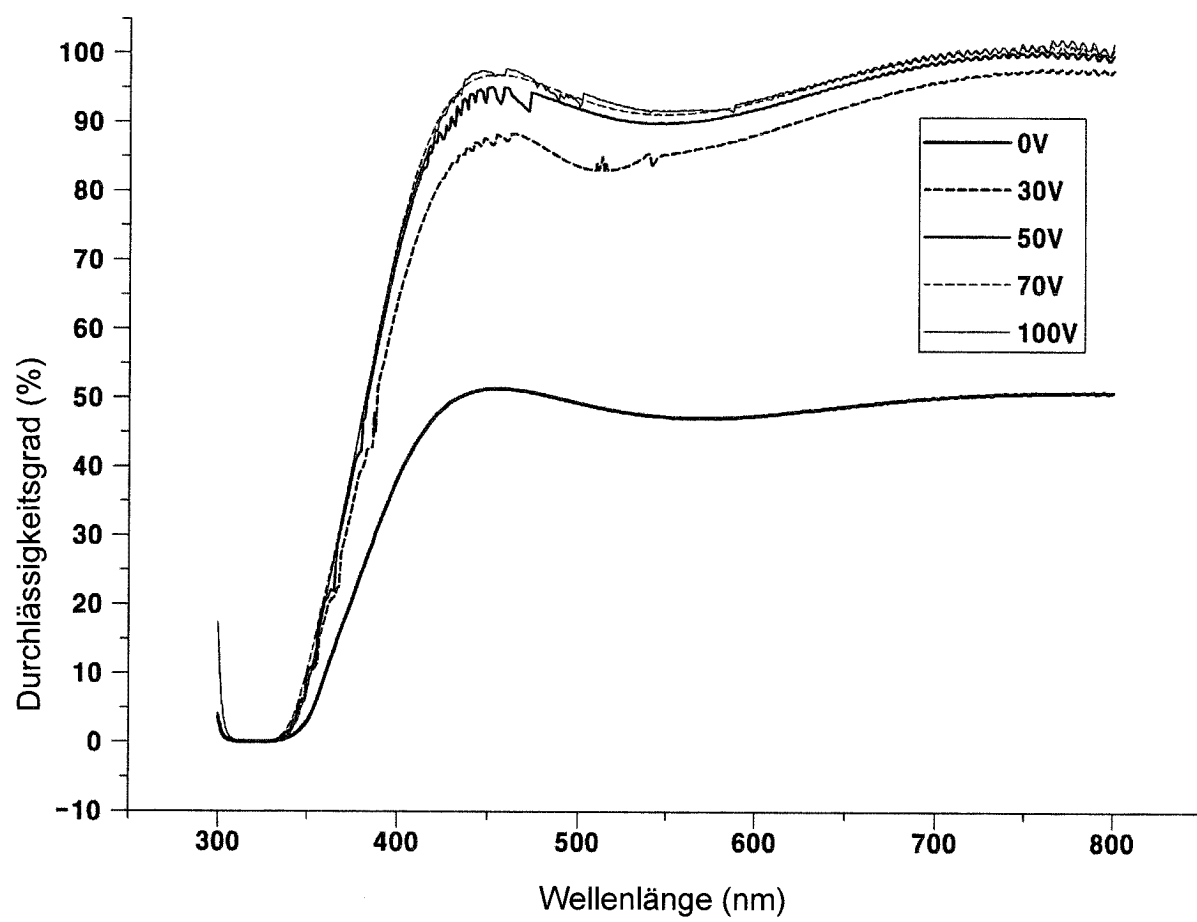
**FIG. 5**

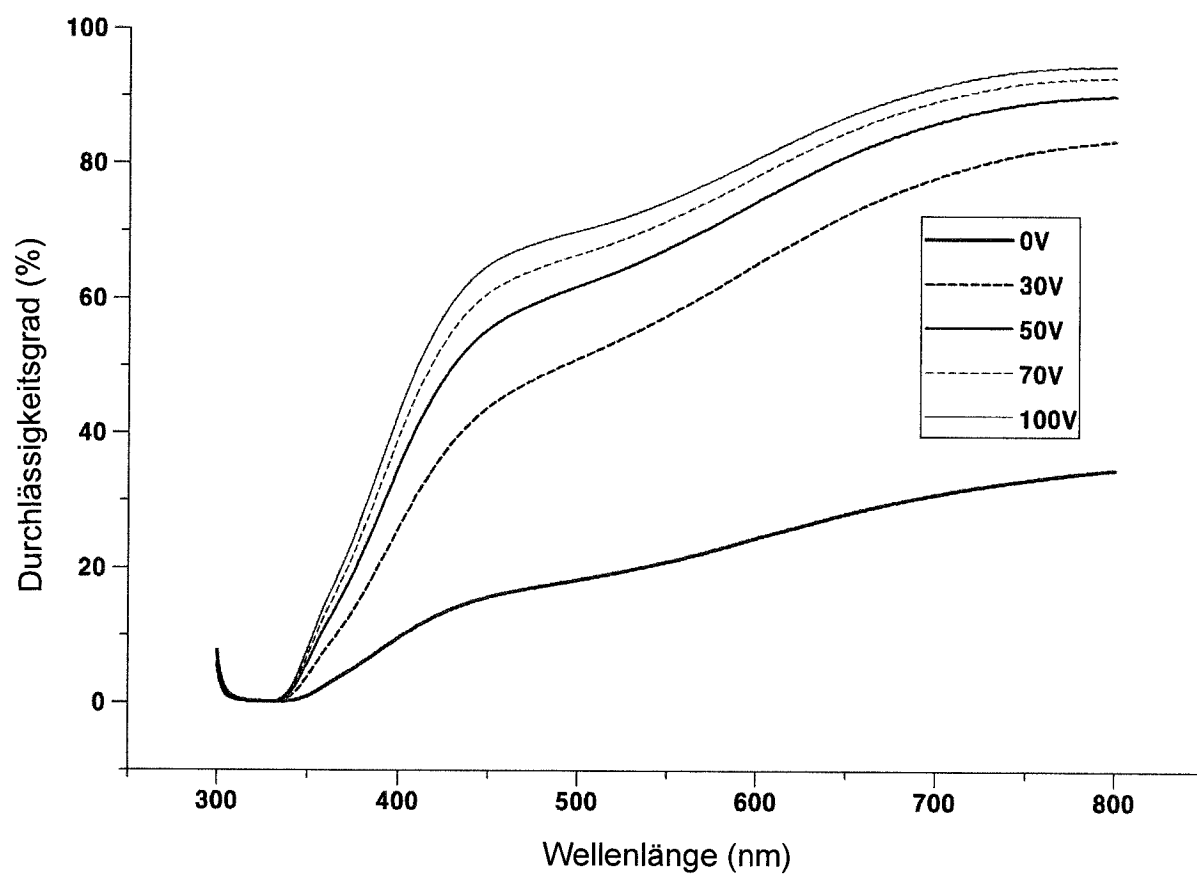


**FIG. 6**



**FIG. 7**

**FIG. 8**



**FIG. 9**