



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월05일

(11) 등록번호 10-1526823

(24) 등록일자 2015년06월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02F 1/13 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0172482

(22) 출원일자 2014년12월03일

심사청구일자 2014년12월03일

(56) 선행기술조사문헌

KR100269353 B1*

KR1020110060386 A*

KR1020130040112 A

KR1020090053348 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

현대자동차주식회사

서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)

기아자동차주식회사

서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

김현섭

서울특별시 양천구 은행로 30, 신이모닝빌 203호

공낙경

경기도 성남시 분당구 판교로25번길 8-3, 201호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한라특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 권호영

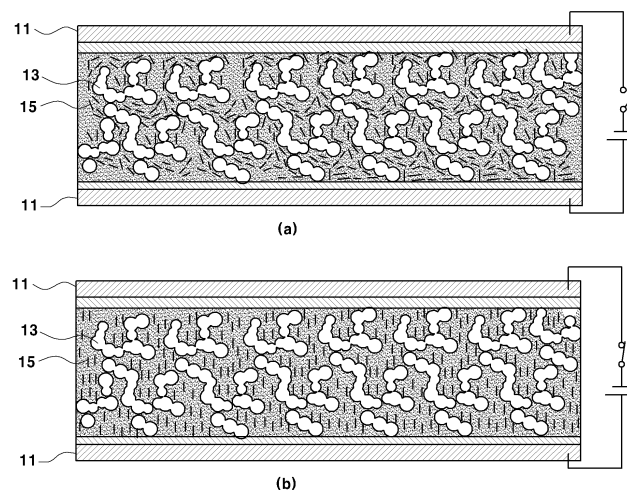
(54) 발명의 명칭 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우

(57) 요약

본 발명은 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우으로써, 보다 상세하게는 기공도가 높은 에어로겔을 이용하고 상기 에어로겔의 기공에 액정을 충전함으로써 상기 에어로겔과 액정의 계면이 극대화되어, 빛의 산란이 많이 일어나 오프상태에서의 빛의 차단율이 높고, 스마트 윈도우의 두께를 얇게 하여도 향상된 광학적 특성을 가지므로 구동전압이 낮은 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우에 관한 것이다.

또한, 상기 에어로겔을 제조할 때, Si와 Ti의 함량비를 조절함으로써 빛의 파장대별 투과율, 전체 빛의 투과율을 조절하여 다양한 목적에 사용될 수 있는 다기능의 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

오영섭

경기도 수원시 장안구 천천로21번길 33, 청솔주공
아파트 612동 2101호

이진희

서울특별시 광진구 능동로4길 41, 현대홈타운 701
동 1004호

서용호

서울특별시 양천구 목동서로 280, 801동 301호

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

한 쌍의 투명전극을 제공하는 단계; 및

기공에 액정이 충전된 다공성의 에어로겔을 제공하는 단계를 포함하며,

상기 에어로겔은 실리카 에어로겔로서 60 % 이상의 기공도를 가지고,

(a) 테트라메틸 올소실리케이트(Tetramethyl orthosilicate, TMOS) 또는 테트라에틸 올소실리케이트(Tetraethyl orthosilicate, TEOS)와 암모니아수(NH₄OH) 및 메탄올을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계;

(b) 상기 혼합용액을 투명전극에 코팅하는 단계; 및

(c) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 대기 중에서 알코올 분위기로 대기시켜 상기 혼합용액을 겔화(Gelation)시키는 단계;를 통해 제조되는 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우의 제조방법.

청구항 7

한 쌍의 투명전극을 제공하는 단계; 및

기공에 액정이 충전된 다공성의 에어로겔을 상기 투명전극 사이에 개재하는 단계를 포함하며,

상기 에어로겔은 Si-Ti 혼합 에어로겔로서 60 % 이상의 기공도를 가지고,

(a) 테트라에톡시실레인(Tetraethoxysilane, TEOS), 메틸트리데톡시실레인(Methyltriethoxysilane, Me-TES), 아이소프로필알콜(Isopropyl alcohol) 및 질산을 혼합하여 A용액을 제조하는 단계;

(b) 아세틸아세톤(Acetylacetone) 및 Ti-아세틸아세토네이트(Ti-acetylacetonate)를 혼합하여 B용액을 제조하는 단계;

(c) 상기 A용액과 B용액을 혼합하여 반응시키는 단계;

(d) 상기 (c) 단계의 혼합용액을 투명전극에 코팅하는 단계; 및

(e) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 대기 중에서 알코올 분위기로 건조시킨 뒤, 열처리하는 단계;를 통해 제조되는 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우의 제조방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 A용액과 B용액은 1:1 내지 10:1의 부피비로 혼합되는 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우의 제조방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서, 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔은 Si와 Ti의 함량비를 조절하여 상기 에어로겔의 굴절률을 조절하는 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우의 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, Si와 Ti의 함량비는 1:1 내지 10:1인 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우의 제조방법.

청구항 11

제 6 항 또는 제 7 항에 따른 제조방법으로 제조된 에어로겔을 포함하는 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우로써, 보다 상세하게는 기공도가 높은 에어로겔을 이용하고 상기 에어로겔의 기공에 액정을 충전함으로써 상기 에어로겔과 액정의 계면이 극대화되어, 빛의 산란이 많이 일어나 오프상태에서의 빛의 차단율이 높고, 스마트 윈도우의 두께를 얇게 하여도 향상된 광학적 특성을 가지므로 구동전압이 낮은 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우에 관한 것이다.

[0002] 또한, 상기 에어로겔을 제조할 때, Si와 Ti의 함량비를 조절함으로써 빛의 파장대별 투과율, 전체 빛의 투과율을 조절하여 다양한 목적에 사용될 수 있는 다기능의 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 자동차 산업은 기계, 전자, 화학, 에너지, 환경 분야의 첨단 기술이 집약되어 있고, 시장경제에 크게 영향을 미치는 등 산업발전에 크게 기여하고 있는 산업이다. 최근에는 자원 고갈 문제와 환경 규제 강화, 사생활 보호 및 삶의 질에 대한 관심이 증가하면서 고효율, 안전성, 편의성이 중요한 화두로 등장하고 있으며, 그 일례로 에너지 효율을 향상시키고 감성과 기능성을 모두 만족시킬 수 있는 스마트 윈도우(Smart Window) 기술이 큰 주목을 받고 있다.

[0004] 스마트 윈도우란 외부에서 유입되는 빛의 투과도를 자유롭게 조절하여 에너지 손실을 줄이고 소비자에게는 쾌적한 환경을 제공할 수 있는 능동 제어 기술을 의미하며 수송, 정보 디스플레이, 건축 등 다양한 산업 분야에 공통적으로 적용될 수 있는 기반 기술이라 할 수 있다. 간단한 조작만으로도 순간적인 상태 전환을 유도할 수 있고 다양한 고급 편의 기능을 부여할 수 있기 때문에 자동차의 고부가가치화를 위해 활발한 응용 전개가 이루어질 것으로 기대된다.

[0005] 종래에는 고분자 분산 액정(Polymer Dispersed Liquid Crystal, 이하, "PDLC") 기술을 이용하여 스마트 윈도우를 제조하였다. PDLC는 마이크로 크기의 액정 입자들이 고분자 매트릭스 내에 분산되어 있는 구조를 지니고, 외부 전압에 의한 액정 입자와 고분자 간의 굴절률 차이로 빛의 투과율을 조절한다. 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이 전압을 인가하지 않은 오프(Off)상태에서는 액정 입자들이 불규칙하게 배치되어 고분자 매트릭스와의 굴절률 차이로 빛을 산란시키고, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이 전압을 인가한 온(On)상태에서는 액정 입자들이 고분자 매트릭스와 동일한 굴절률을 가지도록 규칙적으로 배향되어 빛을 투과시킨다. 즉, 산란에 의한 빛의 불투과와 전압 인가에 따른 투과의 차이가 스마트 윈도우의 성능을 결정하는 중요한 요소이다.

[0006] PDLC는 폴리머 매트릭스를 사용하기 때문에 스마트 윈도우에 흐림(haze) 현상이 발생할 수 있고, 탁한 색상을 띄며, 자외선에 노출되면 폴리머의 경화 또는 변질이 발생하여 스마트 윈도우에 황변 현상이 생기는 문제점이 있다.

[0007] 또한 폴리머 매트릭스의 유전율이 높아 폴리머 매트릭스에 인접한 투명 전극에서 가해주는 전기장의 상당부분이 폴리머의 유도분극에 의해서 가려지기 때문에 높은 구동 전압이 필요하다는 한계가 있다.

[0008] 게다가 일반적으로 PDLC는 액정이 방울모양을 형성하지 못하고 벌크상태가 되는 것을 방지하기 위해 전체 스마트 윈도우 기준으로 액정을 50% 이하 정도로 채울 수 밖에 없는데, 이렇게 되면 폴리머 매트릭스와 액정의 계면이 충분치 못하므로 빛의 차단율이 낮고, 계면을 증가시키기 위해 두께를 두껍게 하면 구동전압이 더욱 상승해 버리는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2011-0060386호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 기공도가 95% 이상으로 매우 높은 에어로겔을 사용한 스마트 윈도우를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 또한, 폴리머 매트릭스를 사용하지 않고 에어로겔을 사용함으로써 황변현상이 없고, 헤이즈(Haze) 값이 낮아 깨끗한 스마트 윈도우를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 또한, Si-Ti 혼합 에어로겔의 Si 및 Ti의 함량비를 조절함으로써 에어로겔의 굴절률을 제어할 수 있는 스마트 윈도우를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알 수 있다. 또한 본 발명의 목적들은 특허청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 구성을 포함한다.

[0015] 본 발명의 일실시예에 따른 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우는 상호 대향하도록 소정 간격으로 이격 배치되는 한 쌍의 투명전극과, 상기 투명전극 사이에 개재되는 다공성의 에어로겔과, 상기 에어로겔의 기공을 충전하며 상기 투명전극 사이에 개재되는 액정을 포함한다.

[0016] 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 윈도우용 에어로겔의 제조방법은 (a) 테트라메틸 올소실리케이트(Tetramethyl orthosilicate, TMOS) 또는 테트라에틸 올소실리케이트(Tetraethyl orthosilicate, TEOS)와 암모니아수(NH₄OH) 및 메탄올을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계; (b) 상기 혼합용액을 투명전극에 코팅하는 단계; 및 (c) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 알코올 분위기에서 대기시켜 상기 혼합용액을 겔화(Gelation)시키는 단계;를 포함한다.

[0017] 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 윈도우용 에어로겔의 제조방법은 (a) 테트라에톡시실레인(Tetraethoxysilane, TEOS), 메틸트리에톡시실레인(Methyltriethoxysilane, Me-TES), 아이소프로필알콜(Isopropyl alcohol) 및 질산을 혼합하여 A용액을 제조하는 단계; (b) 아세틸아세톤(Acetylacetone) 및 Ti-아세틸아세토네이트(Ti-acetylacetonate)를 혼합하여 B용액을 제조하는 단계; (c) 상기 A용액과 B용액을 혼합하며 반응시키는 단계; (d) 상기 (c) 단계의 혼합용액을 투명전극에 코팅하는 단계; 및 (e) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 건조시킨 뒤, 열처리하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명인 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우는 다공성 물질인 에어로겔을 사용하여 상기 에어로겔과 액정의 계면을 극대화함으로써 빛을 여러번 산란시켜 빛의 차단율이 향상된 스마트 윈도우를 제공하는 효과가 있다.
- [0019] 또한, 본 발명은 상기 계면을 극대화함으로써 얇은 두께로 제조하여도 빛 차단율이 만족스럽게 구현되므로 구동 전압이 낮아진 스마트 윈도우를 제공하는 효과가 있다.
- [0020] 또한, 본 발명은 에어로겔을 사용함으로써 기계적, 화학적으로 안정한 스마트 윈도우를 제공하는 효과가 있다.
- [0021] 또한, 본 발명은 폴리머 매트릭스를 사용하지 않고 에어로겔을 사용함으로써 황변현상이 없고, 헤이즈(Haze) 값이 낮아 깨끗한 스마트 윈도우를 제공하는 효과가 있다.
- [0022] 또한, 본 발명은 다양한 종류의 액정의 굴절률과 일치하도록 Si-Ti 혼합 에어로겔의 굴절률을 제어할 수 있는 스마트 윈도우를 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 종래 PDLC의 구조를 도시한 개략도이다.
- 도 2는 본 발명인 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우의 구조를 도시한 개략도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 의해 제조된 실리카 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 의해 제조된 Si-Ti 혼합 에어로겔의 사진이다.
- 도 5는 도 4의 AA선에 따른 단면의 프로파일을 도시한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 의해 제조된 Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 사진이다.
- 도 7은 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔의 기공에 충전된 액정 방울을 확대한 사진이다.
- 도 8은 Si의 함량이 높은 Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 투과율을 측정한 결과를 도시한 그래프이다.
- 도 9는 Ti의 함량이 높은 Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 투과율을 측정한 결과를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명하기로 한다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우는 상호 대향하도록 소정 간격으로 이격 배치되는 한 쌍의 투명전극과, 상기 투명전극 사이에 개재되는 다공성의 에어로겔과, 상기 에어로겔의 기공을 충전하며 상기 투명전극 사이에 개재되는 액정을 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 투명전극은 유리 또는 폴리에틸렌 테리프탈레이트(PET) 필름에 ITO, FTO 등의 투명 전도성 박막을 코팅한 것으로서, 상기 스마트 윈도우 외부의 전원과 연결되어 있어 온(On)상태가 되면 상기 투명전극 사이의 공간에 전기장이 발생한다. 바람직하게는 상기 투명전극으로 ITO 필름이 사용될 수 있다.
- [0027] 상기 에어로겔은 높은 기공도를 가지므로 빛의 투과와 차단의 차이를 극대화할 수 있는 구성이다. 전술한 바와 같이, 종래의 PDLC는 액정을 보통 50% 이하로 채우게 된다. 이 이상의 액정을 포함하면 액정이 방울모양을 형성하지 못하고 벌크상태가 되므로 빛의 투과 및 차단을 효율적으로 수행하지 못한다.
- [0028] 반면에 상기 에어로겔은 기공도가 매우 높아 그 공간에 상기 액정을 충전하게 되면, 상기 에어로겔과 액정의 계면이 극대화되므로 상기 액정이 상기 에어로겔에 의해 붙잡히게 되므로 종래의 PDLC와 비교해 액정을 매우 많이 포함할 수 있고, 일정한 모양, 크기 및 배열을 형성할 수 있게 된다.
- [0029] 또한 상기 에어로겔의 기공도는 60 % 이상, 바람직하게는 95% 이상일 수 있다. 60 % 이하의 기공도를 가지는 에어로겔은 액정을 충분히 채우지 못하는 단점이 있기 때문이다.
- [0030] 또한, 상기 에어로겔과 상기 액정의 계면이 증가하기 때문에 오프상태에서 빛이 스마트 윈도우에 입사되면 여러

번 산란되므로 빛의 차단율이 상승한다. 예를 들면, 빛이 계면을 지나면서 30도 굴절되고 다음 계면을 지나면서 60도 굴절되는 등의 과정을 거쳐 90도 이상 굴절되어 빛이 투과되지 않게 되는 것이다. 따라서 오프상태에서의 빛차단과 온상태에서의 빛투과의 차이가 커져 광학특성이 향상된 스마트 윈도우를 제공할 수 있게 된다.

[0031] 게다가, 상기 계면이 충분한 수준으로 형성되므로 상기 스마트 윈도우 자체의 두께를 얇게 하여도 종래의 PDLC 보다 향상된 광학특성을 발현할 수 있으므로, 얇은 두께의 구동전압이 낮아진 스마트 윈도우를 제공할 수 있게 된다.

[0032] 또한, 상기 에어로겔은 열전도도가 $0.03 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 정도로 매우 낮고, 녹는점은 $1,200^\circ\text{C}$ 로 굉장히 높아, 기계적·화학적으로 안정적인 스마트 윈도우를 제공할 수 있게 된다.

[0033] 또한, 상기 에어로겔은 폴리머 매트릭스에서 흔히 나타나는 황변현상이 없고, 헤이즈(Haze) 값이 낮아 깨끗하고 고급스러운 스마트 윈도우를 제공할 수 있게 된다.

[0034] 상기 에어로겔은 에어로겔 중 가장 대표적인 물질인 실리카(SiO_2) 에어로겔을 사용할 수도 있으나, 바람직하게는 Si-Ti 혼합 에어로겔을 사용할 수 있다.

[0035] 본 발명은 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔의 Si 및 Ti의 혼합 비율을 조절함으로써 에어로겔의 굴절률을 제어할 수 있다. 따라서 다양한 종류의 액정에 굴절률을 매칭하여 사용할 수 있다는 장점이 있다.

[0036] 상기 Si-Ti의 혼합비율은 1:1 내지 10:1의 범위로 하는 것이 바람직한데, 1:1보다 낮으면 굴절률이 너무 높아져 액정의 굴절률과 지나치게 차이가 나고, 10:1보다 높으면 액정과 혼합이 잘 되지 않는 문제가 있기 때문이다. 자세한 내용은 후술한다.

[0037] 상기 액정은 상기 투명전극에 의해 발생하는 전기장과 상호작용하여 배향함으로써 빛을 능동적으로 투과시키거나 산란시키는 구성이다. 즉, 상기 액정은 전압이 인가되지 않은 오프상태에서는 상기 에어로겔과 계면을 형성하면서 상기 에어로겔의 외면에 나란하게 배향되어 빛을 산란시키고, 전압이 인가된 온상태에서는 상기 투명전극에 의해 발생하는 전기장에 나란하게 배향되고 상기 에어로겔의 굴절률과 동일한 굴절률을 가지게 되어 빛을 산란시키지 않고 투과시킨다.

[0038] 상기 액정은 상기 에어로겔과 혼합된 뒤, 상기 투명전극에 코팅될 수도 있고, 상기 에어로겔이 상기 투명전극에 코팅된 뒤 상기 에어로겔의 기공으로 모세관 효과(Capillary force)에 의해 흡수되어 고정될 수도 있다.

[0039] 이하, 상기 실리카 에어로겔과 Si-Ti 혼합 에어로겔의 제조방법을 자세히 살펴본다. 본 발명에 있어서 상기 실리카 에어로겔 또는 Si-Ti 혼합 에어로겔은 1 내지 $10 \mu\text{m}$ 의 박막으로 제조된다.

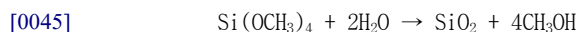
[0040] 상기 실리카 에어로겔의 제조방법은 (a) 테트라메틸 올소실리카이트(Tetramethyl orthosilicate, TMOS) 또는 테트라에틸 올소실리카이트(Tetraethyl orthosilicate, TEOS)와 암모니아수(NH_4OH) 및 메탄올을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계; (b) 상기 혼합용액을 투명전극에 코팅하는 단계; 및 (c) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 알코올 분위기에서 대기시켜 상기 혼합용액을 겔화(Gelation)시키는 단계;를 포함할 수 있다.

[0041] 상기 암모니아수는 상기 (c) 단계의 겔화를 속도를 높이기 위하여 촉매로서 첨가된다.

[0042] 상기 코팅은 스핀코팅(Spin coating), 와이어바코팅(Wire bar coating), 닥터블레이드코팅 등의 방법이 사용될 수 있다.

[0043] 상기 (c) 단계의 겔화는 아래의 반응식1의 반응에 의해 이루어진다.

[0044] 반응식 1



[0046] 상기 반응식1의 반응에서 알코올이 발생하고 증발함에 따라 상기 에어로겔에 큰 기공이 형성된다.

[0047] 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔의 제조방법은 (a) 테트라에톡시실레인(Tetraethoxysilane, TEOS), 메틸트리데톡시실레인(Methyltriethoxysilane, Me-TES), 아이소프로필알콜(Isopropyl alcohol) 및 질산을 혼합하여 A용액을 제조하는 단계; (b) 아세틸아세톤(Acetylacetone) 및 Ti-아세틸아세토네이트(Ti-acetylacetonate)를 혼합하여 B

용액을 제조하는 단계; (c) 상기 A용액과 B용액을 혼합하며 반응시키는 단계; (d) 상기 (c) 단계의 혼합용액을 투명전극에 코팅하는 단계; 및 (e) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 건조시킨 뒤, 열처리하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0048] 상기 (e) 단계의 건조는 밀폐용기 내의 알코올 분위기에서 수행하여 상기 에어로겔의 갈라짐을 억제한다.

[0049] 상기 제조방법에 의해 제조된 에어로겔은 기공의 크기가 크고, 기공도가 높아 액정이 용이하게 함입되어 높은 투과율 조절 범위를 갖는 장점이 있다.

[0050] 실시예 1 : 실리카 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 제조

[0051] (a) TMOS 3ml, 0.069 mol%의 암모니아수 0.73ml 및 메탄올 1.8 ml을 혼합하여 혼합용액을 제조하였다.

[0052] (b) 상기 혼합용액을 투명전극에 스핀코팅하였다.

[0053] (c) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 알코올 분위기에서 약 10시간 건조시켜 상기 혼합용액을 겔화(Gelation)시켰다.

[0054] (d) 상기 겔화가 완료된 실리카 에어로겔의 상측으로 다른 한 쌍의 투명전극을 합착하고, 상기 실리카 에어로겔에 모세관 효과를 이용하여 상기 액정을 주입하여 스마트 윈도우의 시료를 제작하였다.

[0055] 실시예 2 : Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 제조

[0056] (a) 0.55M TEOS 1.23 ml, 0.3M Me-TES 0.565 ml, 0.4M 아이소프로필알콜 0.28 ml 및 0.343M 질산 0.146 ml을 혼합하여 A용액을 제조하였다.

[0057] (b) 1M 아세틸아세톤 2.91 ml 및 1M Ti-아세틸아세토네이트 1.04 ml을 혼합하여 B용액을 제조하였다.

[0058] (c) 상기 A용액과 B용액을 혼합하여 2시간 반응시켰다.

[0059] (d) 상기 (c) 단계의 혼합용액을 15분 동안 저어준 뒤 투명전극에 스핀코팅하였다.

[0060] (e) 상기 혼합용액이 코팅된 투명전극을 알코올 분위기의 밀폐용기내에서 4일 동안 건조시킨 뒤, 대기 중에서 2일 동안 건조시키고, 50℃로 10시간 동안 열처리하였다.

[0061] (f) 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔의 상측으로 다른 한 쌍의 투명전극을 합착하고, 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔에 모세관 효과를 이용하여 상기 액정을 주입하여 스마트 윈도우의 시료를 제작하였다.

[0062] 측정예 1 : 실리카 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 빛차단

[0063] 도 3은 상기 실시예1에 의해 제조된 실리카 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 사진으로, 상기 투명전극에 전압을 인가하지 않은 오프상태이므로 액정과 에어로겔의 계면에서 빛이 산란되어 불투명한 상태를 유지하고 있다.

[0064] 측정예 2 : Si-Ti 혼합 에어로겔의 표면분석

[0065] 상기 실시예 2에 의해 제조된 Si-Ti 혼합 에어로겔의 표면분석을 위하여 AFM(Atomic Force Microscope)를 이용해 기공 구조를 확인하였다.

[0066] 도 4는 상기 AFM을 이용하여 에어로겔의 기공을 찍은 사진으로, 기공의 높이는 약 10 nm, 크기는 약 100 nm임을 관찰할 수 있었다.

[0067] 도 5는 도 4의 A-A선을 따라 상기 에어로겔의 단면 프로파일을 도시한 그래프로써, 이를 통해 상기 에어로겔의 기공이 고르게 분포하고 있음을 알 수 있었다.

[0068] 상기 측정예 2에 의해 상기 제조방법으로 제조된 Si-Ti 혼합 에어로겔은 나노미터 수준의 미세한 기공을 무수히 많이 형성하는 다공성임을 확인할 수 있었다.

- [0069] 측정예 3 : Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 표면분석
- [0070] 도 6은 상기 실시예 2에 의해 제조된 Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우를 찍은 사진으로, 상기 투명전극에 전압을 인가하지 않은 오프상태이므로 액정과 에어로겔의 계면에서 빛이 산란되어 불투명한 상태를 유지하고 있음을 알 수 있다. 또한 에어로겔을 사용함으로써 헤이즈 값이 낮아 종래의 PDLC와 비교하여 깨끗하고 고급스러운 외관을 구현할 수 있음을 확인할 수 있었다.
- [0071] 도 7은 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔의 기공에 충전된 액정 방울을 200배 확대하여 찍은 사진으로, 상기 액정 방울은 약 $10\mu\text{m}$ 의 크기를 가진다. 상기 도 7에 찍힌 바와 같이 다공성의 상기 에어로겔에 액정을 주입함으로써 일정한 크기, 모양, 배열을 형성하도록 할 수 있음을 알 수 있다.
- [0072] 측정예 4 : Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 광학적 특성
- [0073] 분광 투과율 측정 장치 (Cary 5000 UV-Vis-NIR, Agilent)를 이용하여 상기 실시예 2에 의해 제조된 Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 투과율을 측정하였다.
- [0074] 상기 Si-Ti 혼합 에어로겔은 전술한 바와 같이 Si 및 Ti의 혼합 비율을 조절함으로써 굴절률을 제어할 수 있다.
- [0075] 도 8은 Si의 함량이 높은(Si:Ti=1.65:1) Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 투과율을 측정한 결과를 도시한 그래프이고, 도 9는 Ti의 함량이 높은(Si:Ti=1.1:1) Si-Ti 혼합 에어로겔을 포함하는 스마트 윈도우의 투과율을 측정한 결과를 도시한 그래프이다. 구동전압을 0, 30, 50, 70, 100V로 하여 상기 스마트 윈도우에 입사되는 빛의 파장별 투과율을 측정하였다. 상기 구동전압은 상기 스마트 윈도우에 전기장을 발생시키기 위해 상기 투명전극에 인가하는 전압을 의미한다.
- [0076] 도 8 및 9를 참조하면, 상기 스마트 윈도우는 얇은 두께로 인해 30V의 낮은 구동전압에서도 상기 액정이 작동하여 빛을 투과시키는 것을 알 수 있다. 일반적으로 PDLC가 100V의 구동전압을 가지는 것에 비하면 굉장히 낮은 구동전압으로 스마트 윈도우의 기능을 수행할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.
- [0077] 또한, 도 9를 참조하면 600nm의 빛의 파장에서 오프상태(0V)에서는 22%의 투과율, 온상태(30V)에서는 65%의 투과율을 가지므로 오프상태와 온상태의 투과율 차이가 커 상업적으로 활용성이 높은 스마트 윈도우를 제조할 수 있음을 알 수 있다.
- [0078] 도 8을 참조하면, Si 함량이 높은 시료는 단파장 영역에서 높은 투과율을 보이며, 전반적으로 투과율이 상향됨을 알 수 있고, 도 9를 참조하면, Ti 함량이 높은 시료는 단파장 영역에서 낮은 투과율을 보이며, 전반적으로 투과율이 하향됨을 알 수 있다.
- [0079] 따라서 상기 Si와 Ti의 함량비를 조절하면 단파장부터 장파장에 이르기까지 각 파장에 대한 투과율 또는 전반적인 빛의 투과율을 조정하여 다양한 기능성의 스마트 윈도우를 제작할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0080] 본 발명인 에어로겔을 이용한 스마트 윈도우는 기공도가 95% 이상으로 매우 높은 에어로겔을 이용하고 상기 에어로겔의 기공에 액정을 충전하므로, 상기 에어로겔과 액정의 계면이 극대화되어 빛의 산란이 많이 일어나 오프 상태에서의 빛의 차단율이 높고, 계면을 많이 형성하기 위해 스마트 윈도우의 두께를 두껍게 할 필요가 없어 구동전압이 낮은 장점을 가진다.
- [0081] 또한, 폴리머 매트릭스가 아닌 에어로겔을 사용하므로 헤이즈 값이 낮아 깨끗하고 고급스러운 외관을 구현할 수 있고, 황변현상이 발생하지 않는다.
- [0082] 또한, Si-Ti 혼합 에어로겔을 제조할 때, Si와 Ti의 함량비를 조절함으로써 빛의 파장대별 투과율, 전체 빛의 투과율 등을 조절할 수 있으므로 다양한 목적에 사용될 수 있는 스마트 윈도우를 제조할 수 있는 장점이 있다.
- [0083] 이상으로 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명하였는바, 본 발명의 권리범위는 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 다음의 특허청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 포함된다.

부호의 설명

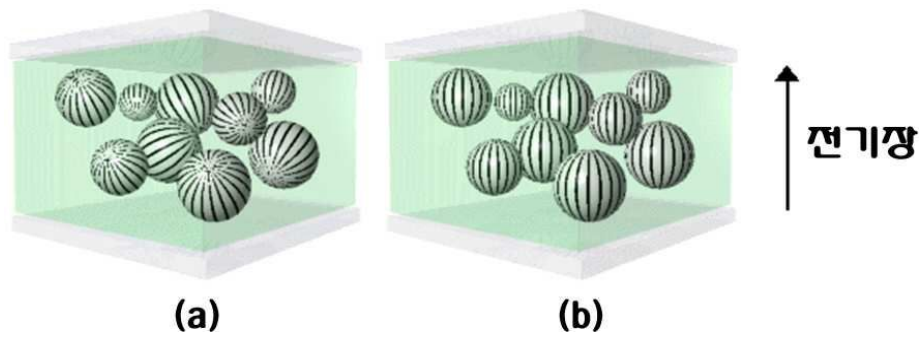
11:투명전극

13:에어로겔

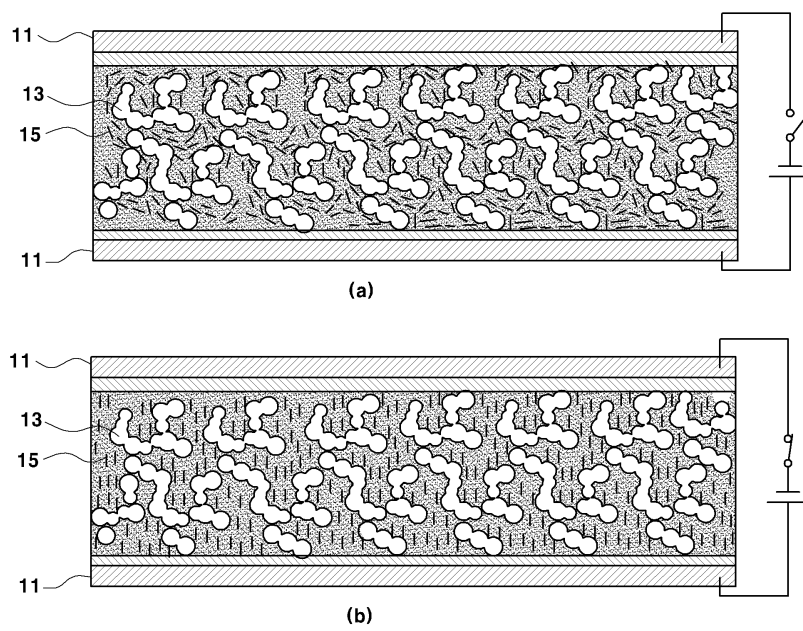
15:액정

도면

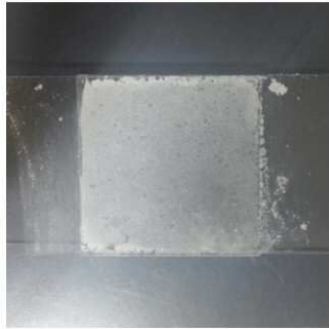
도면1



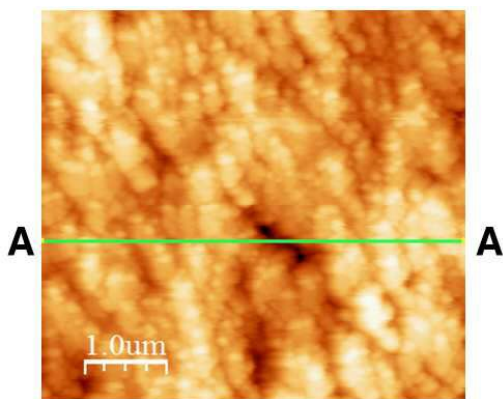
도면2



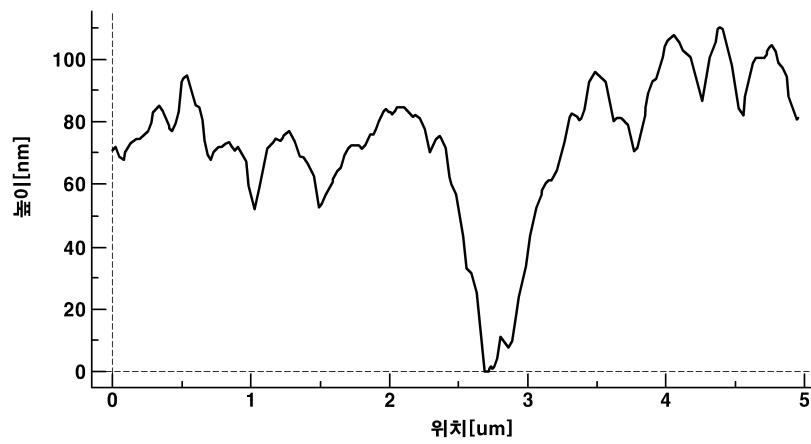
도면3



도면4



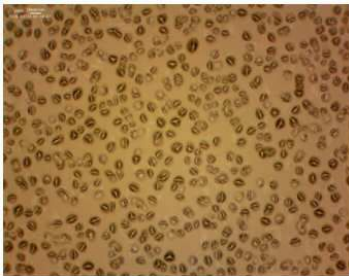
도면5



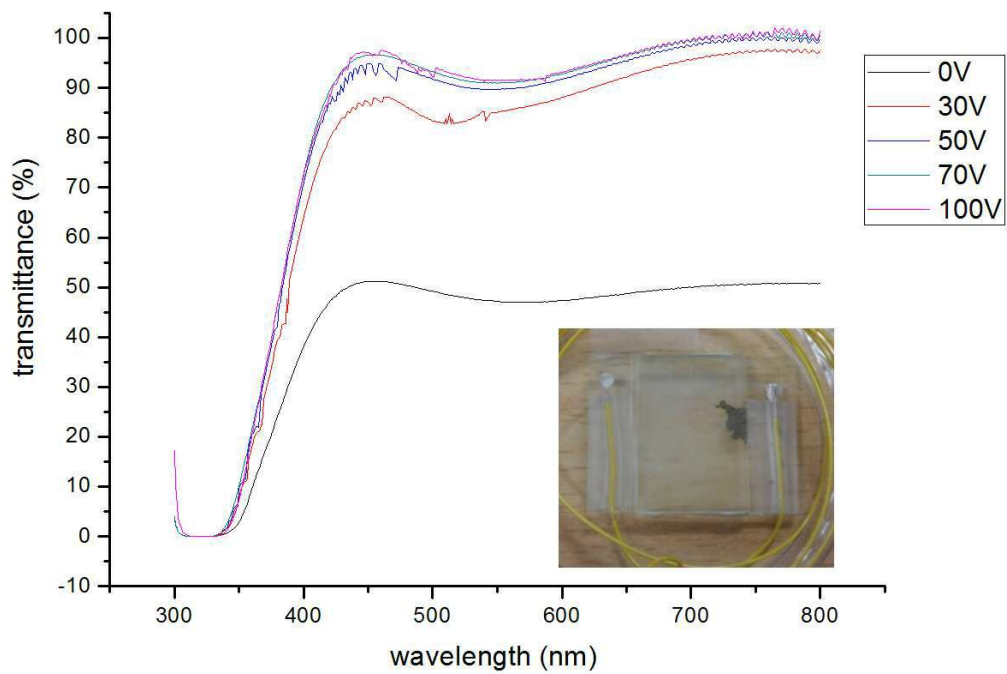
도면6



도면7



도면8



도면9

