

明 細 書

発明の名称：調光ガラス

技術分野

[0001] 本発明は調光ガラスに関する。

背景技術

[0002] 住宅やビル等の建築物において、窓からの太陽光の侵入は、オフィスなどの室内温度を上昇させ、空調にかかる電力消費量を増大させる。このため、近年の建築業界においては、外光からの自動遮光や減光制御が建築物の評価を行う際の重要な指標となりつつある。特に、最近増加しているガラスカーテンウォールの建築物においては、大面積を占めるガラス外壁の遮光・調光は、重要な技術課題となっている。

[0003] このような遮光・調光機能を備えるガラスは、スマートガラスと称されることもある。これらの遮光・調光機能を備えるガラスは、建築物の外壁のみならず、建築物内の窓やドア、空間の仕切り、自動車や鉄道車両などにおいても需要が増大している。

[0004] 遮光・調光の技術方式としては、ECW (E l e c t r o C h r o m i c W i n d o w)、LCW (L i q u i d C r y s t a l W i n d o w)、SPD (S u s p e n d e d P a r t i c l e D e v i c e) の3つが比較的良く知られているが、いずれも遮光・調光を行うためには電源を要する。

[0005] このため、サステナブルな環境保護を図る観点から、電源を用いずに遮光・調光する手段が求められている。特許文献1においては、水に分散されたポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)(PNIPAM)の温度変化を活用した遮光材が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2021-178887号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1に開示された遮光材は、温度応答性高分子に保水性を有するナノ多糖類と水、更には近赤外線吸収材料を用いて遮光材を得ている。このため、多種類の原材料の吟味や重合反応を含めた多工程からなる遮光材の製造工程が必要となる。

そこで、本発明では、より簡便な工程で製造が可能であり、均質で安定した白濁化性能を得ることができる調光ガラスを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するために、代表的な本発明の調光ガラスの一つは、対向して配置された透明基板の間に、第1の高分子化合物及び第2の高分子化合物を混合した調光材料を配置した調光ガラスであって、

前記第1の高分子化合物は、下限臨界溶液温度を有する温度応答性高分子化合物であり、

前記第2の高分子化合物は、前記下限臨界溶液温度以下の温度でゾル→ゲル転移温度を有し、該転移温度よりも低い温度で可逆的にゾル状態に変化する高分子化合物である。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、より簡便な工程で製造が可能であり、均質で安定した白濁化性能を得ることができる調光ガラスを提供することができる。

上記した以外の課題、構成および効果は、以下の発明を実施するための形態における説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施態様に係る調光ガラスの断面概略図である。

[図2A]図2Aは、比較例における温度と透過率の関係を示したグラフである。

。

[図2B]図2Bは、実施例における温度と透過率の関係を示したグラフである。

。

[図3A]図3 Aは、比較例における白濁化部分の流動性を示した写真である。

[図3B]図3 Bは、実施例における白濁化部分の流動性を示した写真である。

[図4A]図4 Aは、比較例における白濁化部分の均一性を示した写真である。

[図4B]図4 Bは、実施例における白濁化部分の均一性を示した写真である。

[図5A]図5 Aは、F T O付ガラスの効果を示す写真である（加熱前）。

[図5B]図5 Bは、F T O付ガラスの効果を示す写真である（加熱後）。

[図6]図6は、実験設備を示す図である。

[図7]図7は、昇温測定結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。

[0012] なお、本開示において、「面」とは、板状部材の面のみならず、板状部材に含まれる層について、板状部材の面と略平行な層の界面も指すことがある。また、「上面」、「下面」とは、板状部材や板状部材に含まれる層を図示した場合の、図面上の上方又は下方に示される面を意味する。なお、「上面」、「下面」については、「第1面」、「第2面」と称することもある。

[0013] また、「側面」とは、板状部材や板状部材に含まれる層における面や層の厚みの部分を意味する。さらに、面の一部及び側面を合わせて「端部」ということがある。

また、「上方」とは、板状部材又は層を水平に載置した場合の垂直上方の方向を意味する。さらに、「上方」及びこれと反対の「下方」については、これらを「Z軸プラス方向」、「Z軸マイナス方向」ということがあり、水平方向については、「X軸方向」、「Y軸方向」ということがある。

[0014] また、「平面形状」、「平面視」とは、上方から面又は層を視認した場合の形状を意味する。さらに、「断面形状」、「断面視」とは、板状部材又は層を特定の方向で切断した場合の水平方向から視認した場合の形状を意味す

る。

さらに、「中心部」とは、面又は層の周辺部ではない中心部を意味する。
そして、「中心方向」とは、面又は層の周辺部から面又は層の平面形状における中心に向かう方向を意味する。

[0015] さらに、本開示において、「ゾル状態」、「ゲル状態」及び「ゾルーゲル転移温度」は以下のように定義される。この定義については文献（*Polymer Journal*, 18 (5), 411-416 (1986)）を参照することができる。

[0016] 高分子溶液（以下に示す第2の高分子化合物を含む高分子溶液）1 mLを内径1 cmの試験管に入れ、所定の温度（一定温度）とした水浴中で12時間保持する。この後、試験管の上下を逆にした場合に、溶液／空気の界面（メニスカス）が溶液の自重で変形した場合（溶液が流出した場合を含む）には、上記所定温度において高分子溶液は「ゾル状態」とであると定義する。一方、上記試験管の上下を逆にしても、上記した溶液／空気の界面（メニスカス）が溶液の自重で変形しない場合には、該溶液は、上記所定温度において「ゲル状態」とであると定義する。

[0017] 上記した「所定温度」を徐々に（例えば1℃きざみで）上昇させて、「ゾル状態」が「ゲル状態」に転移する温度を求めた場合、これによって求められる転移温度を「ゾルーゲル転移温度」と定義する。なお、この際、「所定温度」を例えば1℃きざみで下降させ、「ゲル状態」が「ゾル状態」に転移する温度を求めてもよい。

[0018] 本開示の疎水性部分と親水性部分とを含む第2の高分子化合物は、例えば、ポリプロピレンオキシドとポリエチレンオキシドのブロック共重合体などに代表されるポリアルキレンオキシドブロック共重合体；メチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロースなどのエーテル化セルロース；キトサン誘導体（K. R. Holme, et al, *Macromolecules*, 24, 3828 (1991)）；プルラン誘導体（出口茂ら、*Polymer Preprints, Japan*, 19, 936 (1990)）。

）などの変性多糖類；ポリN－置換（メタ）アクリルアミド誘導体、ポリビニルアルコール部分酢化物、ポリビニルメチルエーテルなどに代表される温度感応性高分子と水溶性高分子化合物との結合体（例えば松田武久ら、Polymer Preprints, Japan, 39（8）, 2559（1990））などがあげられるが、これらに限定されるものではない。

[0019] [第1実施態様]

まず、図1を参照して、本開示の第1実施態様における調光ガラスの概要について説明する。図1は、第1実施態様に係る調光ガラスの断面概略図である。

<調光ガラスの概要>

第1実施態様に係る調光ガラス1は、対向して配置された2枚の透明基板2，3の間に調光材料4が配置されている。そして、2枚の透明基板2，3は、調光材料4と接する側の面に透明熱伝導膜5，6を備えている。

また、2枚の透明基板2，3は、調光材料4と接する側と反対側の面においては、飛散防止・紫外線遮断フィルム7，8を備えている。

また、調光ガラス1は、その端部付近において、透明基板2，3の間に調光材料4を保持するためにスペーサ9が透明基板2，3の平面形状に沿って配置されている。さらに、スペーサの外側には、封止剤10が配置されている。

[0020] 透明基板2，3は、調光材料4を保持する強度を有する透光性の材料であれば、様々な材料を採用することができ、ガラス板やアクリル板であってよい。

調光材料4は、第1の高分子化合物と第2の高分子化合物を混合させた材料であり、これらについては後述する。

透明熱伝導膜5，6は、調光ガラスの面内において、熱伝導を促進させ、面内の温度を均質に保つ機能を果たすものであれば様々な材料を採用することができ、FTO（フッ素ドープ酸化錫）またはインジウムスズ複合酸化物（ITO）であってよい。

さらに、飛散防止・紫外線遮断フィルム7, 8は、市販のポリエステル製のフィルムを用いることができる。また、スペーサ9及び封止剤10についても、市販の部材を適宜採用することができる。

[0021] <第1の高分子化合物>

第1の高分子化合物としては、温度応答性材料、あるいは感温性遮光材料と称される材料であり、ポリ(メタ)アクリルアミド誘導体、または少なくとも(メタ)アクリルアミドモノマーを含む複数のモノマーからなるポリ(メタ)アクリルアミド共重合体からなる温度応答性高分子を用いることができる。

[0022] これらの材料は、水に分散させると、白濁化が始まる下限臨界溶液温度(lower critical solution temperature: LCST)より低い温度で親水性となって水に溶け、透明になり、LCST以上の温度で疎水性となって水に溶けない性質を備えている。このような材料としては、従来から、N-イソプロピルアクリルアミド(NIPAM)やこれを重合させた材料として、ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)(PNIPAM)がよく知られており、これを基盤としたさまざまな温度応答性材料が市販されている。

また、LCSTについても通常は、水溶液中で約32°Cであるが、様々なモノマーとNIPAMを組み合わせることにより、LCSTを調整することが可能となっている。また、PNIPAMの濃度範囲は、0.05~30重量%の範囲で適宜に選択することが可能である。

本開示における第1の高分子化合物としては、これらの市販された材料を用いることができる。

[0023] なお、このほかにも、例えば、ポリ(メタ)アクリルアミド誘導体として、ポリN-置換(メタ)アクリルアミド誘導体がある。さらに、N-置換(メタ)アクリルアミドとしては、例えば、N-シクロプロピル(メタ)アクリルアミド、N-エチル(メタ)アクリルアミド、N-イソプロピル(メタ)アクリルアミド、N-n-プロピル(メタ)アクリルアミド、N-メチル-N-エチルアクリルアミド、N-メチル-N-イソプロピルアクリルアミド、

N-メチル-N-n-プロピルアクリルアミド、N,N-ジエチルアクリルアミド、N-アクリロイルピペリジン、N-アクリロイルピロリジン、N-テトラヒドロフリルアクリルアミド等を重合して得られるポリマーなどがある。また、ポリ(メタ)アクリルアミド誘導体としては、複数種類の(メタ)アクリルアミドや、(メタ)アクリルアミドとその他のモノマーを共重合して得られる、ポリ(メタ)アクリルアミド共重合体などを用いることができる。

[0024] <第2の高分子化合物>

第2の高分子化合物は、第2の高分子化合物は、第1の高分子化合物の下限臨界溶液温度以下の温度でゾルーゲル転移温度を有するものであればよい。

[0025] このような機能を果たすために、本開示における第2の高分子化合物は、分子内に疎水性部分と親水性部分とを有する。この第2の高分子化合物の親水性部分は、上記したゾルーゲル転移温度より低い温度で該第2の高分子化合物が水溶性になるための機能を果たす。また、疎水性部分は、該第2の高分子がゾルーゲル転移温度より高い温度でゲル状態に変化するための機能を果たす。

[0026] このような第2の高分子化合物は、20～45℃、の範囲にゾルーゲル転移温度を有する。

[0027] 本開示の第2の高分子化合物は、上記高分子化合物中の疎水性部分間の結合、即ち疎水性結合の以下に記す性質を利用したものである。

[0028] 疎水性結合は、その結合力が温度の上昇と共に強くなるという性質を有するために、温度上昇と共に架橋の強さ及び架橋密度が増大し、本開示においては、ゾルーゲル転移温度より高い温度でゲル化状態に変化することが可能である。また、上記疎水性結合力の温度依存性が可逆的であるという性質によって、本開示の高分子化合物はゾルーゲル転移が可逆的に起こる。

[0029] 一方、上記第2の高分子化合物中の親水性部分は、ゾルーゲル転移温度より低い温度でゾル状態に変化するために必要である。また、親水性部分は、

ゾルーゲル転移温度より高い温度で疎水性結合力が増大しすぎて上記高分子化合物が凝集してしまうことを防止しながら、ゲルを形成するために必要である。

[0030] 本開示の第2の高分子化合物は、上記の疎水性部分と親水性部分とを含む高分子化合物を架橋剤により架橋することで調製することもできる。

[0031] 本開示の第2の高分子化合物のゾルーゲル転移温度は、高分子化合物中の疎水性部分及び親水性部分の組成、並びに、第2の高分子化合物の疎水性度若しくは親水性度、分子量などにより調節することができる。また、第2の高分子化合物のゾルーゲル転移温度は、第2の高分子化合物の架橋の度合いを調節することにより適宜調整することもできる。本開示の第2の高分子化合物に対しては、ゾルーゲル転移温度の調節には制限がないが、第2の高分子化合物のゾルーゲル転移温度は0℃から60℃で適宜調整することが好ましい。

[0032] 本開示の組成物における第2の高分子化合物の濃度は、設定されるゾルーゲル転移温度等によっても異なるが、組成物の総質量に基づいて0.1～30質量%、好ましくは1～20質量%である。

本開示における第2の高分子化合物は、ゾルーゲル転移温度を有し、当該ゾルーゲル転移温度よりも低い温度で可逆的に液体状態（ゾル状態）を示す高分子化合物〔サーモリバーシブルゲル化ポリマー（Thermoreversible Gelation Polymer）（TGP）〕からなる。

[0033] <調光材料>

第1の実施態様における調光材料は、第1の高分子化合物としてPNIPAMを1重量%、第2の高分子材料としてのTGPを10重量%を水に溶解した材料である。

本開示の第1の実施態様における調光性材料は、第1の高分子材料の下限臨界溶液温度（LCST）よりも低い温度で第2の高分子材料であるTGPのゾルーゲル転移温度を設定したものをを用いている。

本開示における T G P を P N I P A M に混合させた場合の特性および効果を図 2 A、図 2 B、図 3 A 及び図 3 B を参照して説明する。

ここで、P N I P A M を 1 重量% のみで調光材料を構成した場合を比較例と称し、P N I P A M の下限臨界溶液温度 (L C S T) は 3 2 ° C としている。また、P N I P A M を 1 重量% に T G P を 1 0 重量% を加えて調光材料を構成した場合を実施例と称し、P N I P A M の下限臨界溶液温度 (L C S T) は 3 2 ° C、ゾルーゲル転移温度は、2 5 ° C としている。

[0034] < T G P による効果 >

図 2 A は、比較例の温度と透過率の関係を示したグラフである。また、図 2 B は実施例の温度と透過率の関係を示したグラフである。

図 2 A 及び図 2 B の結果からわかるように、P N I P A M に T G P を加えた場合でも加えていない場合でも白濁化の程度、温度特性については相違はないことが判る。

[0035] 一方、図 3 A は、比較例について、調光材料を小型の容器に入れ、2 0 ° C、2 6 ° C、3 4 ° C に保ち、容器を立てた場合と横にした場合の写真を示している。また、図 3 B は、実施例の調光材料について、図 3 A の場合と同じ温度条件において、容器を立てた場合と横にした場合の写真を示している。

調光材料の実施例の白濁化の程度については、比較例においても実施例においても 3 4 ° C の場合だけ白濁化していることが判る。一方、実施例においては、2 6 ° C において、調光材料は既にゲル化し、流動性がなくなっていることが判る。しかし、実施例においてはゲル化した後でも調光材料は、比較例と同様に白濁化しており、しかも、白濁化した調光材料が流動性をなくした状態で強固に保たれていることが判る。

[0036] 次に、図 4 A 及び図 4 B を参照して、比較例及び実施例についての白濁化の均一性について説明する。図 4 A、図 4 B とともに、実験に用いた調光ガラスは、大きさ縦横 3 0 c m、ガラス厚 1 m m、ガラス間距離 4 0 0 μ m である。比較例の調光材料で形成した図 4 A の調光ガラスは、縦においた場合、

重力などの関係から、P N I P A Mが下方に下がり、調光ガラスの上部において、P N I P A Mの密度が低下して、白濁化が薄い箇所が発生している。

これに対して、実施例の調光材料を採用している図4 Bの調光ガラスにおいては、P N I P A Mが白濁化する前の段階で調光材料がゲル化していることから、白濁化の程度が均質に保たれていることが判る。

[0037] <熱伝導膜による効果>

次に、図5 A及び図5 Bを用いて、透明基板に熱伝導膜を備えた場合の効果について説明する。

図5 A、図5 Bともに、実験に用いた調光ガラスは、大きさ縦横5 c m、ガラス厚1 m m、ガラス間距離6 0 0 μ mである。図5 A、図5 B共に、左側の調光ガラスはガラスの調光材料に接する側に熱伝導膜としてF T Oを付した、F T O付ガラスであり、右側の調光ガラスは、F T Oを付さない通常のガラスを用いて構成している。

図5 Bは、比較例と実施例の2種類の調光ガラスを3 5° Cのホットプレートに載置して3分間加熱した状態を示しているが、右側の通常ガラスに比較して、左側のF T O付ガラスは、熱伝導膜としてのF T Oによって温度伝達が均質となるため、白濁化がより均質に進行していることが判る。

[0038] <温度上昇抑制効果>

次に、本実施例による遮熱効果について、図6及び図7を参照して説明する。

図6は、調光ガラスによる温度上昇抑制の効果を測定するための実験設備を示す図である。縦・横・高さがそれぞれ1 2 c mの断熱性の箱の上部に縦横5 c mの調光ガラスを載置し、上方から疑似太陽光を照射し、断熱箱内の温度を計測可能な設備となっている。

図7は、図6の実験設備を用いて、通常のガラスの場合、実施例の調光材料を通常のガラスに挟んだ調光ガラスの場合、及び、実施例の調光材料をF T O付ガラスに挟んだ調光ガラスの3種類について、断熱箱内の温度上昇の様子と調光ガラスについての白濁化の様子をグラフに示したものである。縦軸

が断熱箱内の温度であり、横軸は経過時間を示している。

図 7 のグラフから明らかなように、F T O 付ガラスの調光ガラスにおいて、最も温度上昇が抑えられ、白濁化の速さが早いことが判る。そして、通常のガラスに比べて、断熱箱内の温度上昇が大きく抑制できることが判る。

[0039] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

また、飛散防止・紫外線遮断フィルムは必須の構成ではなく、必要に応じて取り付ければよい。さらに、スペーサ、封止剤については、これらを一体として構成してもよく他の部材で置き換えることができることは当然である。

[0040] また、本開示における調光ガラスは、遮光ガラスとして用いることもできる。また、その設置場所は、建築物の外壁やその室内に限らず、電車、自動車、航空機、船舶など、温度変化を生じるあらゆる場所が含まれる。

また、電源を用いずに調光・遮光が可能であることから、電源のない場所、電源の設置が困難な場所においても設置することができる。

[0041] さらに、本開示の発明は、以下の態様を含むものである。

(態様 1)

対向して配置された透明基板の間に、第 1 の高分子化合物及び第 2 の高分子化合物を混合した調光材料を配置した調光ガラスであって、

前記第 1 の高分子化合物は、下限臨界溶液温度を有する温度応答性高分子化合物であり、

前記第 2 の高分子化合物は、前記下限臨界溶液温度以下の温度でゾル-ゲル転移温度を有し、該転移温度よりも低い温度で可逆的にゾル状態に変化する高分子化合物である、

ことを特徴とする調光ガラス。

[0042] (態様 2)

態様 1 に記載の調光ガラスにおいて、

前記第 1 の高分子化合物は、ポリ(メタ)アクリルアミド誘導体、または少なくとも(メタ)アクリルアミドモノマーを含む複数のモノマーからなるポリ(メタ)アクリルアミド共重合体であることを特徴とする調光ガラス。

[0043] (態様 3)

態様 1 または態様 2 に記載の調光ガラスにおいて、
前記第 2 の高分子化合物は、サーモリバーシブルゲル化ポリマー (TGP)
) である
ことを特徴とする調光ガラス。

[0044] (態様 4)

態様 1 乃至態様 3 のいずれか一つに記載の調光ガラスにおいて、
前記対向して配置された透明基板の前記調光材料と接する面の少なくとも
いずれか一方の面には、透明熱伝導膜が配置されている、
ことを特徴とする調光ガラス。

[0045] (態様 5)

態様 4 に記載の調光ガラスにおいて、
前記透明熱伝導膜は、FTO (フッ素ドープ酸化錫) またはインジウムー
ズ複合酸化物 (ITO) である、
ことを特徴とする調光ガラス。

符号の説明

- [0046] 1 調光ガラス
2、3 透明基板
4 調光材料
5、6 透明熱伝導膜
7、8 飛散防止・紫外線遮断フィルム
9 スペース
10 封止剤

請求の範囲

- [請求項1] 対向して配置された透明基板の間に、第1の高分子化合物及び第2の高分子化合物を混合した調光材料を配置した調光ガラスであって、
前記第1の高分子化合物は、下限臨界溶液温度を有する温度応答性高分子化合物であり、
前記第2の高分子化合物は、前記下限臨界溶液温度以下の温度でゾル-ゲル転移温度を有し、該転移温度よりも低い温度で可逆的にゾル状態に変化する高分子化合物である、
ことを特徴とする調光ガラス。
- [請求項2] 請求項1に記載の調光ガラスにおいて、
前記第1の高分子化合物は、ポリ(メタ)アクリルアミド誘導体、または少なくとも(メタ)アクリルアミドモノマーを含む複数のモノマーからなるポリ(メタ)アクリルアミド共重合体であることを特徴とする調光ガラス。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の調光ガラスにおいて、
前記第2の高分子化合物は、サーモリバーシブルゲル化ポリマー（TGP）である
ことを特徴とする調光ガラス。
- [請求項4] 請求項1または請求項2に記載の調光ガラスにおいて、
前記対向して配置された透明基板の前記調光材料と接する面の少なくともいずれか一方の面には、透明熱伝導膜が配置されている、
ことを特徴とする調光ガラス。
- [請求項5] 請求項4に記載の調光ガラスにおいて、
前記透明熱伝導膜は、FTO（フッ素ドープ酸化錫）またはインジウムスズ複合酸化物（ITO）である、
ことを特徴とする調光ガラス。