

次世代開口部材（トランススマート[®]）による空間演出

旭硝子株式会社 中央研究所

新山 聡

**New smart window technology “Transmart[®]”
realizes a new representation in space design**

Satoshi Niiyama

Asahi Glass Co., LTD Reseach Center

一定の機械的強度や耐久性を確保しつつ「光を透過」することがガラスの最も特徴的な機能であり、内外装の建築部材として古くから使用されてきた。この「光の透過」は空間的な視界を制限せず、建屋内において開放感のある空間設計を提供すると共に、自然光を効果的に取り入れることで採光面での省エネルギー性も併せ持っており、近年公共施設などを中心に大きなガラス開口部を有する建築物が増えている（Fig.1）。また、単に「光を透過」するだけでなく、ガラス硝材の工夫やガラス面の加工、コーティングなどにより、「透過光を変調」させる一連の商品群もガラスメーカーを中心に提供されている。このような機能ガラスは、入射光の特定波長の「吸収」によって透過光を着色させたり、不要な紫外線や赤外線の入射を制限したり、熱線を「反射」することなどで快適性を改善している。入射光を「散乱」、「屈折」させることで光の強度を調節したり、プライバシーを確保する機能も提供されている。

’80年代後半には、それまで主に表示素子に



Fig.1

使用されていた「液晶」の持つ屈折率変調機能を利用して、外部電界により光の透過を任意に制御できるガラスが開発された。この機能ガラスは、「液晶調光ガラス」、「液晶シャッター」などと呼ばれ、入射光の散乱による磨りガラス状の外観を電圧の印加で瞬時に透明状態に変化させることができた。従来の機能ガラスの光変調機能が固定的なものであるのに対して、この任意な制御は斬新なものであった。一方、この液晶調光ガラスは、ガラスの透明な背景に任意の部分のみを磨りガラス状にすることができないことや、透明状態においても斜めからの入射光に対して濁り（ヘイズ）が残存するために通常ガラスと連装できないなどの使用上の制約が

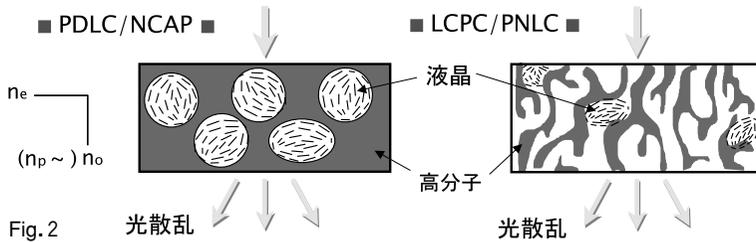


Fig. 2

あることから、全面を透明状態または磨りガラス状態とすることでの「視線制御」としてのカーテン的な使用法がほとんどであった。これらの制約は、液晶調光ガラスの光変調層を構成する「分散液晶素子」の持つ本質的な問題に起因していた。旭硝子は、新規な光変調層によりこの問題を解決し、ガラス面内での「動く意匠」や透明背景の「表示」といった新たな空間表現を可能とする次世代開口部材「Transmart®」を開発した。

分散液晶素子とは、高分子などの透明媒体中に液晶が液滴状または連続層として分散保持された構造を持ち、常態においては液晶を含む粒子または液晶ドメインの屈折率が媒体の高分子の屈折率と異なることから (index-mismatching), 分散液晶素子に入射した光は強く散乱されて乳白色の磨りガラス状の外観を呈す。粒子状に液晶が分散した構造の素子は、PDLC, NCAP などと、またスポンジ状の高分子マトリクスに連続相の液晶を複合したものは、LCPC, PNLC などと呼ばれ (Fig. 2), いずれも透明電極などを介して入射光方向に電界を印加すると、液晶粒子または液晶ドメイン中の液晶が電界方向に配列して、予め液晶配列時の屈折率 (n_o) に合わせて設計する高分子マトリクスの屈折率 (n_p) と一致すること (index-matching) により入射光は散乱せず透明状態に変化する (Fig. 3)。¹80年代半ばに旭硝子により初めて開発された連続相の液晶を有するタイプ (LCPC) は、液晶と高分子間に加えて連続相内の液晶ドメイン間での屈折率不一致も利用できるため、より強い光散乱を得ることができ、更に液晶粒子タイプに比較して高分子界面によ

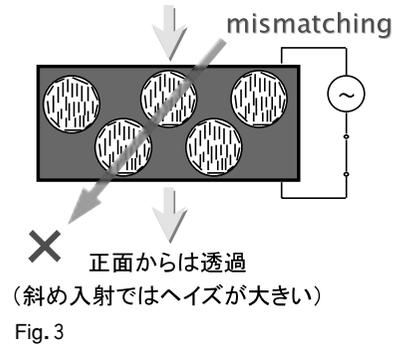


Fig. 3

って液晶配向規制を受ける領域が小さいことから、より低い動作電圧を実現した。

一方、従来液晶調光ガラスには、斜め入射光に対して屈折率の mismatching によってヘイズが大きくなることや、以下に示す透明背景での部分的な動作が困難であるといった問題があった。これは、複屈折を有する液晶と一つの屈折率を有する (不定形) 高分子によるマトリクスを全方位に index-matching させることはできない従来タイプの本質的課題による。Fig. 4 には、中央部分のみを独立に操作させることができるよう円形に透明電極を加工した一对の基板間に分散液晶素子を挟持した模式図を示す。この液晶調光ガラスの全電極に電圧を印加すると電極に挟まれる分散液晶素子は透明となるものの、同一基板面内の隣接する透明電極の間は電界が印加されないことより常に散乱状態を呈し、透明背景の中に電極の加工パターンが視認されてしまう。また、周辺電極のみに電圧を印加した場合においても中央の円形部分に加えて円形電極への配線電極部も電界が印加されないため散乱状態を呈し、透明背景に独立に散乱状態の円形パターンを形成することができない。

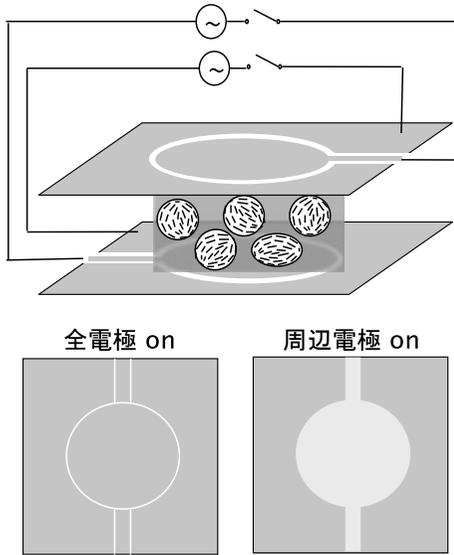


Fig. 4

旭硝子では、上記課題を解決した「常態が透明」である新規な光変調素子「Transmart®（トランススマート®）」を開発した。Transmart®は、電圧非印加時に高い透過率を示し、従来の液晶調光ガラスの動作様態とは逆に、電圧印加により透明状態から磨りガラス状態に連続的に透過率が変化する（Fig.5）。常態が透明であることより、Fig.6に示すような全ての電極部に電圧が印加されない時には透明電極の配線加工部分を含め全面が透明状態となり、中心の円形電極部分

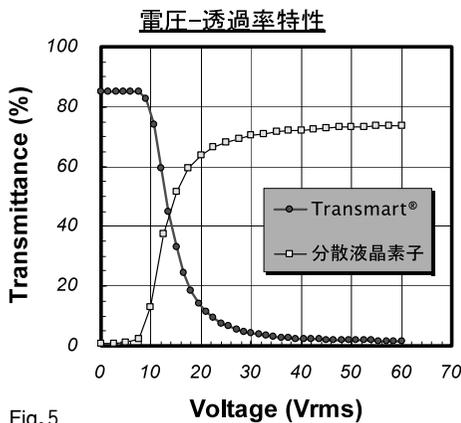


Fig.5

にのみ電圧を印加した場合には、電極が対向する部分にのみ電界が印加されるため、円形電極への配線電極部分は透明状態を保持して中央の円形部分のみ磨りガラス状態とすることができる。このように、従来の分散液晶素子による液晶調光ガラスでは困難であった「透明背景の中での任意な意匠制御による空間演出」や「情報表示」、または「部分的なプライバシー制御」などを透明開口部で実現できるようになった（Fig.7）。

Transmart®は、分散液晶素子と同様に液晶と高分子の複合体により形成されるが、透過光変調のメカニズムは全く異なる。透過時に液晶と高分子間の index-mismatching を発生させない新規な複合体構造により、正面透過光のヘイズは 2% 以下と高い透明性を示すと共に、斜め 45° 入射においても正面透過率の 9 割以上を保持することより、通常開口部への導入はもちろん、通常ガラスと連装した使用方法においても違和感がない。

透明状態から磨りガラス状態、またはその逆

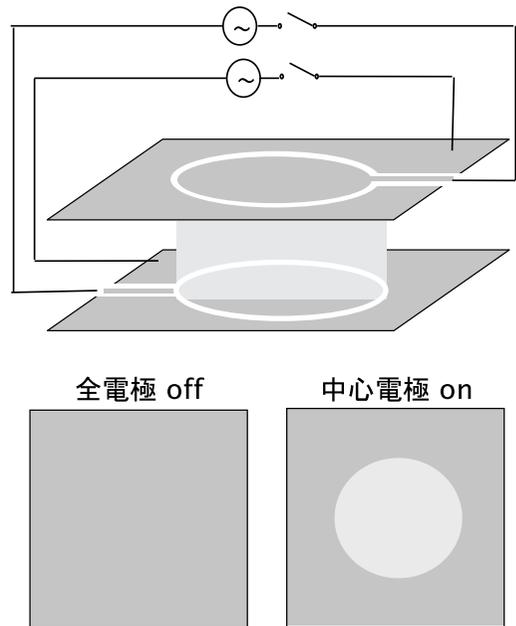


Fig.6

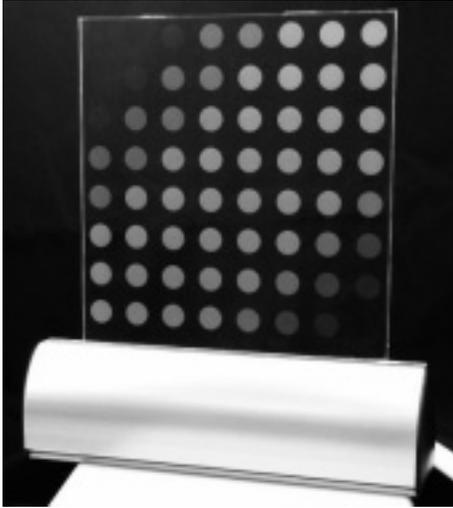


Fig.7 (旭硝子本社受付のデモ機)

の変化における切り替えに必要な時間は室温で数 msec 程度と高速動作する点も Transmart[®]の特徴であり (Fig.8), インテリアなどの内装建材以外でも光学シャッターや透明表示デバイスなどへの応用も期待される。Transmart[®]は入射光を変調させるのみでガラス自体が発色したり発光することはない。散乱部分が通常「白色」に視認されるのはガラスに入射する外光色が無色 (白色) であるためであり, 積極的に各色の照明と組み合わせることにより, より多彩な演色が可能となる。更に高速な切り替え動作と3原色 (R/G/B) のLED照明とを高速に同期動作させることで, 残像効果を利用してあたかも透明ガラスが複数色を同時に発色しているかのような新機軸な空間演出を実現することもできる (Fig.9)。動作温度域は, 標準品で-30~80℃, 低温動作を維持して上限温度を100℃まで高めたワイドレンジ品も開発中である。-30℃では切り替え時間に数秒必要となるが, 調光ガラスとしては使用できるレベルであろう。

旭硝子では, 液晶調光ガラスの次世代技術として, 透明状態と磨りガラス状態をガラス面内に記憶させることができるメモリータイプ

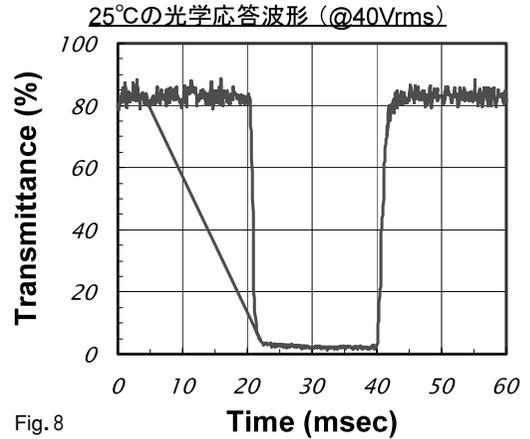


Fig.8



Fig.9

「Transmart[®] II」の開発も進めている。Transmart[®] IIでは, 記憶効果を利用して1ラインづつ逐次書き込みを行うことで大規模なドットマトリクス電極を制御でき, 任意のビットマップ画像をガラス上に映し出すことができる (Fig.10)。一度書き込んだ透過と散乱による画像パターンはガラス面内に記憶されており, 次に別の内容に書き換えるまで電力供給は不要である。切り替え時のみ電力が必要となるため, 省エネルギーな調光ガラスを提供できることに加え, ガラス開口部への高密度の情報表示など, これまでにない新しい価値を提案すべく動作温度域の拡大など実用化の検討を進めている。

旭硝子では'07年後半より Transmart[®]の市場開発を開始, お客様からの評価を通して商品

化への具体的な検討に入っている。



Fig.10