

# 最近の技術から

## 調 光 窓

永 井 順 一

旭硝子(株)研究開発部 〒221 横浜市神奈川区羽沢町松原 1150

### 1. ま え が き

調光窓は透過率可変の調光機能をもった素子のことであり、現在のところ、液晶を用いるタイプとエレクトロクロミズム (EC)\*<sup>1</sup> を用いるタイプの2種類が知られている。EC はイオンの移動を伴う現象であるため、液晶のような電場応答型の素子に比べ遅いという欠点があるが、光散乱がなく透明性に優れ、高速応答が本質的でない窓ガラスへの応用が図られており<sup>1-3)</sup>、液晶と EC はそうした遮光性能の違いから使い分けられる傾向にある。

図1に筆者らが開発した EC 調光窓が描いてある。これは、透明電導膜 (ITO) の付いたガラスとそれに EC 層 WO<sub>3</sub> 膜 (5000~6000 Å) を付けたガラスで、50~60 μm 厚の Li 系ゲル状電解質をラミネートした構造になっている<sup>1)</sup>。本稿では EC 調光窓の到達性能、実用化に対する技術的問題点などについて述べる。

### 2. EC 調光窓の諸性能

#### 2.1 応答特性

30 cm 角の調光窓の応答特性は表1に示したように透過率 75%~10% の変化をさせるのに 4 min 要する。EC 素子は本来電流型素子であるため、この程度の大きさになると ITO の抵抗が律速となる。図2には 1 V を 30 s 印加したときの ITO 抵抗と応答性の関係が示されている。60 cm × 90 cm といった大面積になると、30 cm 角のものと同程度の応答性を得るためには、ITO の抵抗は 1 Ω/□ 程度にしなければならない。そのためには通常使用している ITO (10 Ω/□) の約 10 倍の厚膜 ITO を必要とするが、それはあまり現実的ではない。できることとなら、比抵抗が現状の ITO (1~2 × 10<sup>-4</sup> Ω・cm) より 1 桁程度低い透明電導膜の出現が望ま

れる。したがって実用化においては、実績のある 30 cm 角程度の調光窓で商品コンセプトを固めており、大面積化はそれらの組合せで展開しようとしている。大面積のものを作ることは技術的には可能であるが、コスト・性能面で克服すべき課題が多い。

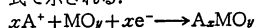
#### 2.2 光学的特性

EC 窓の透過率は、図3に示すように注入電荷量と 1:1 の対応をもつため、透過率を電荷量でコントロールできることが特徴である。また光学的特性に関しては、着色時、タングステンブロンズの生成により 0.8 μm を中心とする吸収ピークが発生し、このために青色を呈する。図4はそれを示したものである。透過率は印加電圧を上げると大きく変化するが、反射率は可視域以外はあまり変化しない。アモルファス WO<sub>3</sub> をベースとした EC 素子では反射率は近赤外域で変調されず、可視域での吸収率が変調されるだけである<sup>4)</sup>。アモルファス WO<sub>3</sub> の EC 特性を説明するモデルの一つとして、伝導帯に注入された電子の集団運動とフォノンの相互作用が混成したプラズマ状態が考えられているが、こうした電子状態と光学的・電気的物性をすべてつじつまの合う形で説明しうるには至っていないのが現状であろう。それをなしたとき、青以外の発色つまり EC 特性の制御への途が開かれると考えられる。

#### 2.3 実用耐久性

表2に EC 調光窓の実用データを示す。窓としては、耐候性が最も重要であり、ウェザーメーターによる加速耐候性テストと天然暴露によるフィールドテストの結果、屋外使用では 10 年以上、10<sup>5</sup> 回以上の駆動寿命を有するという見通しを得た。したがって通常の建築用窓としての用途には十分耐えうると考えている。ただし、もっと荷酷な条件下たとえば南極のような極寒地、赤道直下の高温地帯などで機能させる (寿命も含めて) ためには、調光窓構成材料のそれぞれについてさらに根本的検討を要するであろう。

\*<sup>1</sup> 遷移金属酸化物 MO<sub>y</sub> に電圧を印加することにより、カチオン A<sup>+</sup> と電子 e<sup>-</sup> が共注入されて発色する現象で次式で示される。



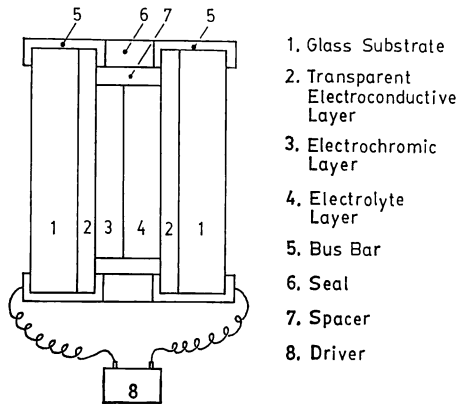


図 1 EC 調光窓の断面図

表 1 30 cm 角調光窓の応答性\*

	0	1	2	3	4 (min)
着色	75	40	21	13	10(%)
消色	10	23	37	62	75(%)

\* 数字は視感感度透過率 (室温)

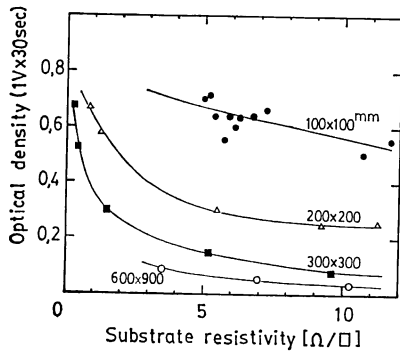


図 2 着色応答性の基板抵抗依存性

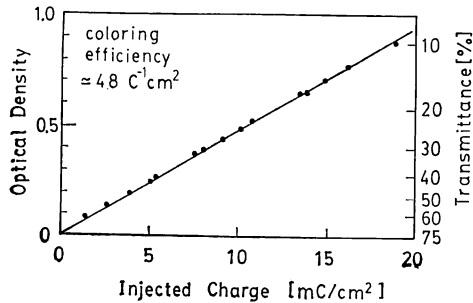


図 3 注入電荷量と透過率 (光学濃度) の関係

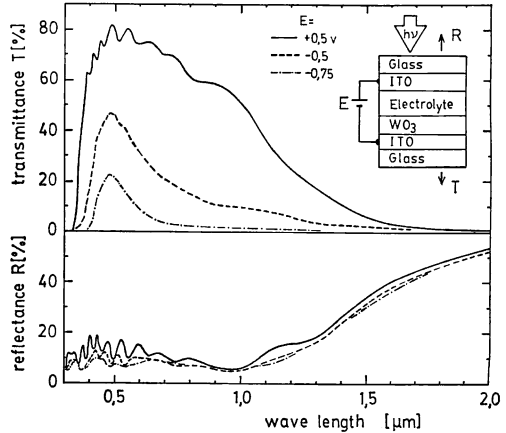


図 4 電位平衡状態での分光透過・反射特性

表 2 30 cm 角 EC 調光窓の到達性能

透過率変化幅	75↔10%
使用温度域	-20~90℃
実用耐久性	
耐熱性	90℃ 3カ月以上
耐湿性	80℃, 90% RH 3カ月以上
耐光性	ウェザーメーター 4000 時間以上
耐風圧	10年相当以上
駆動寿命	10万回以上

### 3. 今後の展望

エレクトロクロミズムを応用した調光窓は生まれてからまだ日が浅く、応答性・使用環境に多少制約があり、駆動寿命も有限である。しかし、こうした制約の一部は日進月歩の材料開発によりやがて克服されると確信している。

調光窓が、調光機能という物性値可変のからくりを内蔵したガラスとして諸賢の興味を惹起できれば甚幸である。

### 文 献

- 1) J. Nagai, *et al.*: Solar Energy Mater., **14** (1986)175.
- 2) T. Kamimori, *et al.*: Solar Energy Mater., **16** (1987) 27.
- 3) H. Tada, *et al.*: Solar Energy Mater., **16** (1987)509.
- 4) R.B. Goldner, *et al.*: Proc. SPIE, **428** (1983) 38.

(1987年12月2日受理)