

日本光学工業(株)開発本部研究所

丹羽 達雄

◎はじめに

舞台は2019年、ロサンゼルスにあるレプリカント（人造人間）製作メーカーであるタイレル社の社長室。ある女性がレプリカントか人間かを判定するテストが行われる。社長室の壁はガラス張りであるため、室外と同様明るい。

『明るすぎる』という主人公の一声で、ガラスの壁は天井のほうから緞帳が降りるようにゆっくりと着色しはじめる。数秒でガラスは一面に暗青色になり、室は暗くなる。テストは行われ、女性はレプリカントであることが判明する。

以上はハリソンフォード主演のSF映画『ブレイドランナー』の一場面である。この着色するガラスはエレクトロクロミックガラス（ECガラス）をイメージして作られたと考えられる。

エレクトロクロミックという言葉はエレクトロ（電気）とクロミック（色彩）の合成語である。外部より電流あるいは電圧を加えることにより可逆的に可視光の吸収が生じる現象をエレクトロクロミック現象と呼ぶ。この現象を利用したエレクトロクロミック素子（ECD）の用途は、2つに分けると表示用と光量制御用がある。後者においてECDが用いられる場合、エレクトロクロミックガラス（ECガラス）と呼ばれる。

◎ECガラスの用途と特徴

このECガラスには次のような用途が考えられる。

1) 室温の調節や暗幕の効果を目的とした自動車用及び建築用窓ガラス、2) 眩しさを防ぐための自動車用防眩ミラーやサンバイザー、3) ファッションとしてのサングラスやインテリア、4) 一定の領域を遮蔽することを目的としたカメラの絞りやコピー機等。

光の強弱で透過率が変化するフォトクロミックガラスでは、これらの用途の一部にしか使用出来

ない。この光量制御の分野で実質的な競合相手は液晶素子である。液晶素子に対してECガラスの特徴を以下に示す。

長所 1) 透過率の可変範囲が広い (80% ↔ 5%)

2) 中間透過率の制御が容易

3) 見る角度による透過率の変化が小さい

4) メモリー性がある

5) 大面積素子が作製しやすい

6) 全固体化が可能

7) 曲面への応用が比較的容易

短所 1) 着色レスポンスが遅い (1秒～数分)

2) 電力消費量が多い

◎ECDの作動機構

図1に示すように代表的なECDは、1) 還元（酸化）反応により着色するエレクトロクロミック電極部、2) 着色に関与するイオンを供給あるいは運搬する電解質部、3) エレクトロクロミック電

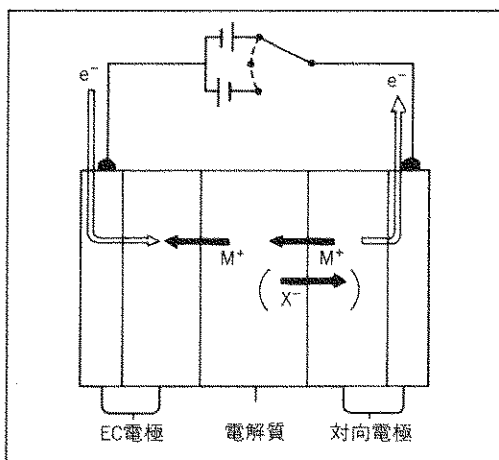


図1 典型的なECDのモデル図
EC電極が酸化発色型の場合の着色時のイオンと電子の動きを示す。消色時は逆の方向に動く。

極部と逆の酸化還元反応をする対向電極部から構成される。ここでは還元反応で発色するEC材料を例にとって説明する。EC電極を対向電極に対して負になるように外部電圧を印加すると、EC電極には外部電源より電子が、電解質部よりイオン(M^+)が注入され可視光の吸収が来て着色する。このとき対向電極では同量の電荷移動を伴う酸化反応が生じる。つまり電解質へ陽イオンを放出するかあるいは陰イオンを取り入れ、同時に外部電源へ電子が引き抜かれる。電解質はこれらのイオンを供給し運搬するが、電子は通さない。着色状態になった後、電圧の印加を止め、電源回路をオープンにすると、ECDは着色状態を維持する。これがメモリー性である。

逆電圧を印加するか電極間を短絡すれば逆反応が生じて消色する。

◎ECDの構造と実例

現在までに報告されている代表的な素子構造を図2に示す。タイプ1は2枚の透明電極付ガラスで、EC部と電解質部と対向電極部を兼ねる溶液をサンドイッチして作られており、構造的にはもっともシンプルである。このタイプのECDとしては有機EC材料であるピオロゲンやスチリル類化合物を使用したものがある。しかし構造的に对称であるため、消色電圧を印加すると対向電極が着色する。溶液中对向電極を遮蔽する手段、例えば白

色散乱板の挿入が必要となるため透過型のECガラスとしての使用は出来ない。

タイプ2は透明電極付ガラス上に蒸着法により酸化タングステンの膜、あるいは電気メッキ法でプルシアンブルーの膜を形成し、電解質部と対向電極部を兼ねる溶液を透明電極付ガラスでサンドイッチして作製する。対向電極の反応で着色が起こらないようにすれば、透過型ECガラスとして使用出来る。タイプ1とタイプ2は構造がシンプルでコスト的には有利であるが、電解質部と対向電極部の役割が明確に分離出来ないため、耐久駆動回数や着色消色速度を高めるには駆動法が複雑になる。

タイプ3とタイプ4は基本的な構造は同じであるが、電解質部が固体か液体かによって区別される。

タイプ3の素子はエレクトロクロミック部として酸化タングステン蒸着膜を、対向電極部としてプルシアンブルー電着膜を用いている。電解質はプロピレンカーボネイトに1モルの過塩素酸リチウムと少量の水を含んだものを用いている。着色イオンはリチウムであり、電圧を印加すると酸化タングステンは還元し、プルシアンブルーの膜は酸化し、両方とも透明から青色に変化する。対向電極部もエレクトロクロミック物質であるため、反応電気量当たりの着色変化(着色効率)が高い。

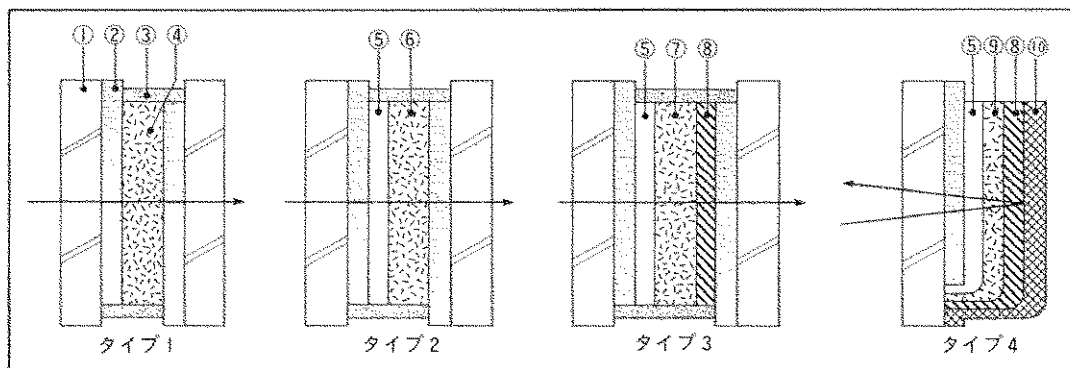


図2 EC素子構造の模式図

- ①ガラス基板 ②透明電極層 ③スペイサー
- ④液体EC物質+液体電解質 ⑤EC層
- ⑥液体電解質+液体対向電極物質 ⑦液体電解質
- ⑧対向電極層 ⑨固体電解質層 ⑩金属電極層

図3にこの素子の着消色時の分光透過率を示す。メモリー性も2～3週間と良好であるが、高温におけるプロピレンカーボネートの安定性が悪く、耐熱性は60℃程度である。

タイプ4の素子はすべて真空蒸着プロセスで作製された全固体型である。透明導電膜上に酸化イリジウム膜、酸化タンタル膜、酸化タングステン膜、上部電極膜を順次形成する。上部電極膜として透明電極を用いれば透過型のECガラスに、アルミ膜を用いればミラータイプECガラスになる。アルミ膜は透明電極膜に比べて低抵抗であるため応答速度を速くできる(図4)。

酸化イリジウムは酸化反応で透明から灰色に着色するEC物質であるが、酸化タングステンに比べて着色効率が低いため全体として暗青色となる。素子の膜厚は2μm程度と薄く、曲率基板上にも平板上と同じプロセスで作製が可能である。タイプ2やタイプ3の素子をミラーにする場合、素子の裏面のガラス上にアルミを着けるため、2枚ガラスの各表面からの反射が重なり見づらくなるが、タイプ4ではガラスの表面反射は1枚分で済む。この素子は電解質層も薄いためメモリー性は一般に液体型ECDに比べて短くなる。

◎さいごに

ECDは化学反応によって着消色を行っている。つまり、できるだけ化学反応を起こり易くすることが良好なエレクトロクロミック性を得るために必要である。しかし一方ECDを自動車の窓や防眩ミラーに使用するためには、高温中での放置や紫外線の照射に耐えなければならない。換言すると化学的に出来るだけ不活性にすることが要求される。この化学素子のもつパラドックスが液晶に比べて実用化を遅らせている理由の1つである。現在ECDの解決すべき問題点としては、1) 応答速度の向上、2) 多色化、3) 100℃以上の高温耐性、4) 大型化に向く低コストプロセスの開発等がある。

現在、研究開発は多色化を目指してジフタロシアン等有機EC材料を用いた固体型素子の方向にシフトしはじめている。実用化への開発は現在のレベルで商品化可能な用途を目指して進んでおり、来年度にはいくつかの商品が出ることが期待される。

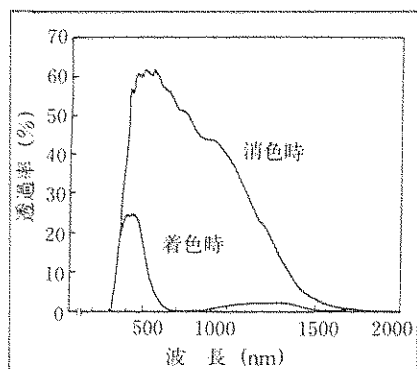


図3 酸化タングステン/電解質/プルシアンブルー型ECDの分光透過率

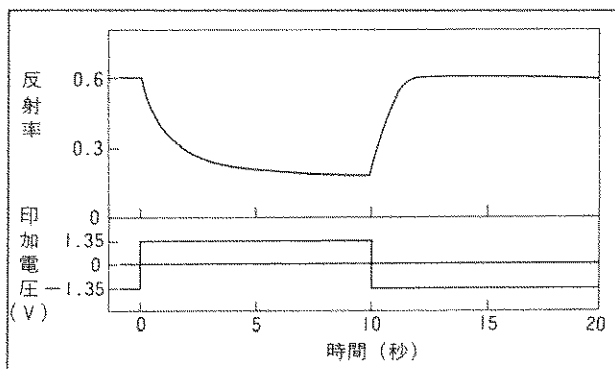


図4 酸化タングステン/電解質/酸化イリジウム型ECDの着消色応答特性。素子面積は約10×15cm²。

参考文献

エレクトロクロミック素子の解説

丹羽達雄 化学工業 36 205 (1985)

タイプ2の素子について

水橋衛、神森忠敏、永井順一 第4回EC研究会
資料 (1986)

タイプ3の素子について

川合幹夫、加瀬崇夫 自動車技術 40 1017(1986)

タイプ4の素子について

丹羽達雄 第5回EC研究会資料 (1987)



著者略歴

昭和49年 大阪大学基礎光学物
性物理学科卒業

昭和51年 大阪大学大学院修士
課程終了

昭和51年 日本光学工業㈱に入
社 現在に至る