

## Zur Entwicklung eines großflächigen elektrochromen Displayfensters aus Glas

S. Heusing<sup>1)</sup>, N. Niegisch<sup>1)</sup>, P. Zapp<sup>1)</sup>, M. Mennig<sup>1)</sup>, H. Schmidt<sup>1)</sup>, L.H.M. Krings<sup>2)</sup>, H.J. Aartsen<sup>2)</sup>

Institut für Neue Materialien gem. GmbH (INM), Saarbrücken <sup>1)</sup>

TNO Institute of Applied Physics, Eindhoven <sup>2)</sup>

### EINLEITUNG

Elektrochromie beschreibt die reversible Änderung der optischen Eigenschaften (Absorption oder Reflexion) eines Materials unter Einfluß einer angelegten Spannung und einem dadurch bedingten Stromfluß [1]. Großflächige elektrochrome (EC) Verglasungen können als „Smart Windows“ und Sonnendächer zur variablen Kontrolle der Energieeinstrahlung in der Gebäude- und Fahrzeugverglasung eingesetzt werden und dadurch zur Energieeinsparung beitragen. Elektrochrome Displays stellen vor allem für langsam schaltende Displays, die auf großen Flächen oder in hoher Anzahl benötigt werden eine interessante Lösung dar, da aufgrund des Memory-Effektes ein geringer Energieverbrauch erwartet werden kann. Die Untersuchungen verfolgten das Ziel, basierend auf einem bereits entwickelten, großflächigen elektrochromen Dünnschichtsystem auf WO<sub>3</sub>-Basis [2], ein erstes Testmuster für ein elektrochromes Display herzustellen, um sein Schaltverhalten zu untersuchen und seinen Energieverbrauch abzuschätzen.

### EXPERIMENTELLES

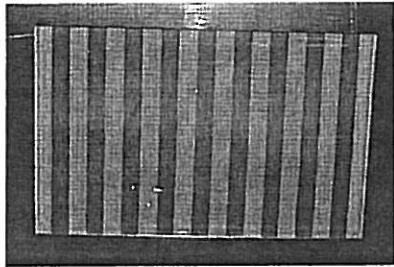
Zur Herstellung des EC-Displays wurden die Glassubstrate (800 mm x 500 mm, TEC8 (8 Ω/ )) mit der elektrochromen WO<sub>3</sub>-Schicht bzw. der CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-Ionen-speicherschicht mittels Tauchbeschichtung beschichtet und bei 240°C (1 h) bzw. 450 °C (15 min) ausgeheizt. Die Herstellung der WO<sub>3</sub>- und CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-Sole und des anorganisch-organischen Kompositelektrolyts wurden bereits beschrieben [3, 4]. Zur Herstellung eines 19 x 13 Matrix-Displays erfolgte die Segmentierung durch Ritzen der Funktionsschicht (WO<sub>3</sub> bzw. CeO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>) und der leitfähigen transparenten Schicht (FTO) in 19 bzw. 13 Streifen parallel zur kurzen bzw. zur

langen Seite des Substrats. Die elektrochrome und die Ionenspeicherschicht-Seite wurden mit einem Spacerband (ca. 1 mm Dicke) so montiert, daß die Streifen senkrecht aufeinander stehen. Anschließend wurde die Zelle mit Elektrolyt befüllt und der Elektrolyt ausgehärtet (12 h, 105° C). Die Ansteuerung des EC-Displays erfolgt computerunterstützt über zeilen- und spaltenweise Ansteuerung der einzelnen Pixel (Matrixansteuerung).

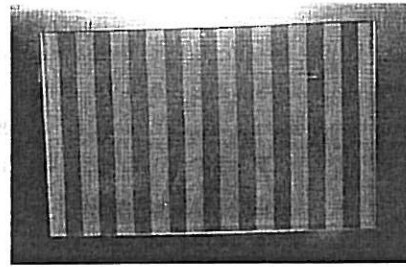
Zur Untersuchung der optoelektrochemischen Eigenschaften, insbesondere des Memory-Effekts, wurden mehrere Spalten (entlang der geritzten WO<sub>3</sub>-Spalten) bzw. eine Zeile (senkrecht zu den geritzten WO<sub>3</sub>-Spalten) eines EC-Displays chronoamperometrisch gefärbt (-2 V, 40 s). Die Displays wurden sofort nach dem Färben, sowie nach 1h und 3h bzw. nach 24 h Lagerung ohne Energiezufuhr fotografiert. Die Transmissionsspektren der gefärbten und der benachbarten entfärbten Pixel wurden sofort nach dem Färben und nach einer Zeit von 1 h und 3 h ohne angelegte Spannung mit einem Zeiss SPECORD UV/VIS S10 Spektrometer aufgenommen.

### ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Mit der beschriebenen Technik konnten elektrochrome Matrix-Displays der Größe 800 mm x 500 mm (aktive Fläche: 675 mm x 440 mm) mit 19 x 13 Pixeln hergestellt werden. Mit der computerunterstützten Ansteuerung können z.B. einzelne Pixel, eine Linie, mehrere Linien gleichzeitig sowie mehrere Linien nacheinander und ganze Flächen gefärbt werden. Die volle Einfärbung wird nach ca. 40 s erreicht, die Information ist aber bereits nach 5 s sichtbar. Die Information der EC-Displays bleibt auch ohne Stromzufuhr über längere Zeit erhalten. Das Beibehalten des eingestellten Färbungszustands ohne Energiezufuhr wird bei EC-Systemen allgemein als Memory-Effekt bezeichnet. Der Memory-Effekt eines 19 x 13-Pixel Displays der Größe 800 mm x 500 mm, bei dem mehrere Spalten entlang der geritzten WO<sub>3</sub>-Spalten eingefärbt sind, ist in Abbildung 1 dargestellt.



nach dem Einfärben



nach 24 h

**Abbildung 1: Fotos des elektrochromen Displays (Größe 800 mm x 500 mm) nach dem Einfärben von 9 Spalten (entlang der geritzten  $WO_3$ -Spalten) und nach 24 stündiger Lagerung ohne elektrische Stromversorgung.**

Hier ist selbst nach 24-stündiger Lagerung des EC-Displays ohne Energiezufuhr keine sichtbare Transmissionsänderung und kein Kontrastverlust zu erkennen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die gefärbten  $WO_3$ -Spalten durch das Ritzen elektrisch voneinander getrennt sind und so kein Ionen- und Elektronenaustausch zwischen den gefärbten und den benachbarten, entfärbten Pixeln stattfinden kann. Die Transmission der gefärbten Pixel nimmt innerhalb von 3 h von  $T = 38\%$  auf  $T = 45\%$  bei der Wellenlänge 550 nm zu und die Transmission der benachbarten entfärbten Pixel von  $T = 66\%$  auf  $T = 61\%$  ab. Der Memory-Effekt ist bei Einfärbung einer Zeile senkrecht zu den geritzten  $WO_3$ -Spalten schlechter, da hier keine elektrische Trennung zu den benachbarten ungefärbten  $WO_3$ -Pixeln besteht und so ein Elektronen- und Ionenaustausch stattfinden kann. Die Information ist nach 3 h noch erkennbar, sollte aber nach ca. 1 h aufgefrischt werden.

Der Energieverbrauch zur Einfärbung (40 s) und zum Halten der Information über 1 h (Memory-Effekt) beträgt ca.  $0,03 \text{ Wh/m}^2$ . Im Vergleich zu LCD's, die ca.  $1 \text{ Wh/m}^2$  benötigen, ist der Energieverbrauch somit mindestens um den Faktor 30 geringer. Zum Auffrischen der Information nach 1 h wird eine geringe Energie von ca.  $0,01 \text{ Wh/m}^2$  benötigt, so daß der Energieverbrauch bei langen Anzeigzeiten um den Faktor 100 geringer ist als der von LCD's. Dies zeigt, daß EC-Displays besonders für langes Anzeigen (mehrere Stunden, Tage) derselben Information geeignet sind und hier zur Energieeinsparung insbesondere bei großflächigen Anwendungen dienen können. Ein weiterer Vorteil der EC-Displays

im Vergleich zu den LCD's ist die gute Lesbarkeit in einem großen Blickwinkelbereich sowie die Anwendung im transparenten und im reflektierenden Modus.

Mögliche Anwendungen für EC-Displays sind daher Werbeflächen in transparenten Glasscheiben (z.B. Schaufenster, transparente Raumteiler, Seitenwände von Rolltreppen), Informationstafeln an Flughäfen, Sportstadien und Straßen. Weitere Anwendungen sind EC-Displays zur Preisauszeichnung in Supermärkten oder für Informationsanzeigen in Haushaltsgeräten (z. B. Backofen, Waschmaschine).

Im Rahmen künftiger Untersuchungen sollen Ansteuerungsprogramme zum beliebigen Färben einzelner Pixel entwickelt und der Memory-Effekt dieser Displays getestet werden.

#### DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich hiermit bei Herrn P. Röhlen, Prinz Optics, Stromberg, und seinen Mitarbeitern für Ihre Unterstützung bei der Vorbehandlung der Glassubstrate.

#### LITERATUR

- [1] C. G. Granqvist, Handbook of Inorganic Electrochromic Materials, Elsevier, Amsterdam (1995).
- [2] S. Heusing, B. Munro, T. Koch, P. Zapp, M. Mennig, H. Schmidt, 73. Glastechnische Tagung, Halle (Saale), (1999).
- [3] B. Munro, S. Krämer, P. Zapp, H. Krug and H. Schmidt, SPIE, **3136**, 470 (1997).
- [4] B. Munro, S. Krämer, P. Zapp, H. Krug and H. Schmidt, J. Non-Cryst. Solids **218**, 185 (1997).