

Zur Entwicklung von elektrochromen Anzeigen und Displays auf K-Glas

A. Rueff, T. Traulsen, M. Mennig, H. Schmidt
Institut für Neue Materialien; gem. GmbH; Saarbrücken

Einleitung

Verglasungen mit elektrochromen Dünnschichtsystemen auf Basis von WO_3 als färbender Elektrode und verschiedenen Mischoxidschichten als Gegenelektrode bieten für Architekturanwendungen zahlreiche interessante Vorteile [1-5]. In der Literatur sind auch die Vorteile elektrochromer Displays beschrieben [6-7], Beispiele für eine rationelle praktische Umsetzung fehlen jedoch. Im Vordergrund steht hierbei die Aufrechterhaltung der eingefärbten Zahl oder eines Symbols auch ohne Spannungsversorgung des EC-Moduls (Memory-Effekt). Dadurch wird es möglich, großflächige Anzeigen mit niedrigem Energieverbrauch günstig herzustellen, denn nur zum Einfärben und zum Entfärben wird elektrische Energie benötigt. Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, basierend auf der bisher am INM entwickelten nasschemischen Technologie der elektrochromen Verglasung [8-9] ein Display bzw. eine elektrochrome Anzeige herzustellen. Für die dazu notwendige Strukturierung sollte ein effizientes Laser-Direktschreibverfahren eingesetzt werden und es sollte untersucht werden, ob damit eine selektive und optisch anspruchsvolle Entfernung der elektrochromen Schichten und der darunter befindlichen transparent leitfähigen Schicht (Fluor-dotiertes Zinnoxid – FTO) möglich ist. Die elektrochromen Anzeigen wurden einerseits in Form einer 7-Segment-Einheit und andererseits in Form einer großflächigen Symbol-Anzeige verwirklicht. Im Falle der 7-Segment-Anzeige beträgt die Zeit zwischen der Darstellung von 2 verschiedenen Ziffern ca. 30 sec., wenn die Schaltelektronik ein gleichzeitiges Entfärben und Färben der einzelnen Segmente ermöglicht.

Experimentelles

Zur Herstellung des Displays wurde handelsübliches K-Glas von 4 mm Dicke gereinigt und im Tauchverfahren mit den in [9] beschriebenen WO_3 - bzw. $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ -Schichten einseitig beschichtet. Die Beschichtungen wurden bei 175 °C bzw. 450 °C thermisch verdichtet. Anschließend wurden die Schichten mit Hilfe eines 50W- CO_2 -Laser-Graviersystems (Fa. Hagemann) strukturiert. Der Spot des Lasers ist mit ca. 0.2 mm fest eingestellt. Die Laserleistung wurde zwischen 2,5 W und 20 W (cw-Betrieb) variiert und die Laserschreibgeschwindigkeit zwischen ca. 20 mm/s und 400 mm/s verändert.

Nach der Strukturierung wurden die Scheiben mit einem Abstandhalterband miteinander verklebt. Der in [9] beschriebene organisch-anorganische Li^+ -Elektrolyt wurde in den Zwischenraum gefüllt und danach bei 105 °C für 4 h ausgehärtet.

Ergebnisse und Ausblick

Zur Herstellung einer 7-Segment-Anzeige ist es zweckmäßig, nicht nur die elektrochromen Funktionsschichten (WO_3 -Schicht und $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ -Schicht) zu strukturieren, sondern auch die dar-

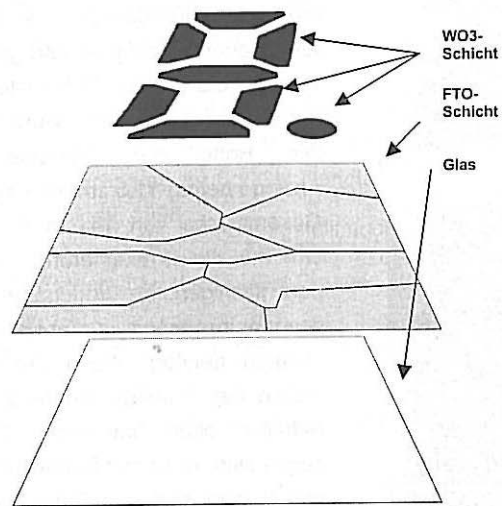


Bild 1: Schematischer Aufbau des strukturierten K-Glases mit aufgebrachtener WO_3 -Schicht

unter liegende FTO-Schicht in voneinander getrennte Bereiche unterhalb der einzelnen Segmente zu untergliedern, damit die Segmente einzeln angesteuert werden können. Ein Beispiel ist in Bild 1 gezeigt. Mit Hilfe von Testmodulen wurden zunächst die Schwellwerte für den Abtrag der WO_3 - und $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ -Schicht ohne Beschädigung der FTO-Schicht und weiterhin mit gleichzeitiger Entfernung der FTO-Schicht bestimmt. Es

zeigte sich, dass bei einer Laserleistung von 2,5 W und einer Schreibgeschwindigkeit von 495 mm/s die WO_3 -Schicht ohne Beschädigung der FTO-Schicht flächig abgetragen werden konnte. Dies gilt auch für die CeO_2-TiO_2 -Schicht, obwohl für diese die Zerstörschwelle höher liegt, als bei der WO_3 -Schicht, was wahrscheinlich durch die höhere Verdichtungstemperatur der CeO_2-TiO_2 -Schicht bedingt ist, jedoch noch näher untersucht werden muss. Aus Messungen der elektrischen Leitfähigkeit zwischen strukturierten Bereichen ging hervor, dass bei einer Laserleistung von 4 W und einer Schreibgeschwindigkeit von 165 mm/s die FTO-Schicht gemeinsam mit WO_3 - bzw. CeO_2-TiO_2 -Schicht entfernt werden konnte, so dass Linien von nur ca. 0,2 mm Breite erzeugt wurden. Für das Substratglas, auf welchem sich die FTO-Schicht befindet, konnte die Zerstörschwelle (Erzeugung feiner Linien auf der Rückseite der K-Glasscheibe) bei 5,5 W und 1650 mm/s experimentell gefunden werden. Das bedeutet, dass es bei den genannten Werten für die Bearbeitung der FTO-Schicht evtl. möglich ist, dass dabei gleichzeitig eine geringfügige Strukturierung des Substratglases bewirkt wird. Dies bedarf jedoch weiterer Untersuchungen.



a)



b)

Bild 2: Memory-Effect beim EC-Display nach 5 Tagen ohne Energiezufuhr

Mit diesen Kennwerten wurde nun die FTO-Schicht durch die WO_3 - bzw. CeO_2-TiO_2 Schicht hindurch in die im Bild 1 dargestellten Bereiche unterteilt. Anschließend wurden die WO_3 - und die CeO_2-TiO_2 -Schicht computergesteuert flächig abgetragen, so dass die in Bild 1 dargestellten Segmente erhalten wurden. Die Höhe der 7-Segment-Anzeige betrug 11,5 cm auf einer Gesamtfläche von 15 cm x 15 cm. Für die Strukturierung und den flächigen Elektrodenabtrag wurden insgesamt nur etwa 15 Minuten benötigt. Nach Fertigstellen des Displays wurde das Schaltverhalten untersucht. Es zeigte sich, dass zur Darstellung von 2 verschiedenen Ziffern jeweils eine Zeitspanne von 30 sec. benötigt wird. Die Ansteuer-

ung mittels einer speziellen elektronischen Schaltung, die das Färben und Entfärben der entsprechenden Segmente gleichzeitig ermöglicht, ist für diese Schaltgeschwindigkeit eine notwendige Voraussetzung.

In einem nächsten Schritt wurde die Darstellung eines Logos (INM-Logo mit Schriftzug) mit einer in sich geschlossenen WO_3 -Schicht umgesetzt, d.h. die einzelnen Elemente des Logos bleiben farblos, während der „Hintergrund“ tief blau gefärbt werden kann (siehe Bild 2). Ein solches Logo kann grundsätzlich so realisiert werden, dass die färbende WO_3 -Schicht für die einzelnen Elemente des Logos flächig abgetragen wird. Es stellte sich jedoch heraus, dass auch die einfache Durchtrennung von WO_3 - und FTO-Schicht an den Konturen der einzelnen Elemente des Logos für dessen saubere Darstellung sehr gut geeignet ist, wie man in Bild 2 erkennen kann. Das hier dargestellte Logo hat eine Größe von 25 cm x 25 cm. Für seine Strukturierung wurden nur 6,5 Minuten benötigt. Bild 2 illustriert auch den gut ausgebildeten Memory-Effekt des elektrochromen Displays. Während das obere Bild direkt nach dem Einfärben des Displays aufgenommen wurde, zeigt das darunter stehende Teilbild, die nach 5 Tagen ohne Energiezufuhr verbleibende, deutliche Einfärbung.

[1] P. Baudry, A.C. M. Rodrigues, M. A. Aegerter und L. O. Bulhões, *Journal of Non-Crystalline Solids* 1990,121, 319.

[2] M. Denesuk, J.P. Cronin, S.R. Kennedy, K.J. Law, G.F. Nielson und D. R. Uhlmann, *Optical Materials Technology for Energy Efficiency and Solar Energy Conversion XIII*, edited by V. Wittwer, C.G.Granqvist, C.M. Lampert (SPIE, Bellingham, 1994) Vol. 225, p. 52.

[3] C.M. Lampert, *Sol.Energy Mater.* 11,1 (1984)

[4] B. Munro, S. Krämer, P.Zapp, H.Krug, Characterization of Electrochromic WO_3 -Layers Prepared by Sol-Gel Nanotechnology, *Journal of the Sol-Gel Science and Technology*, 1998

[5] M.A. Aegerter, C.O. Avellaneda, A.Pawlicka, M. Atik, Electrochromism in Materials Prepared by the Sol-Gel Process, *Journal of the Sol-Gel Science and Technology*, 1997

[6] P.M.S. Monk, R.J. Mortimer, D. R. Rosseinsky, *Electrochromism*, VCH Verlagsgesellschaft mbH., 1995

[7] J.I. Pankove, *Topics in Applied Physics Vol. 40 – Display Devices*, Springer-Verlag, 1980

[8] H. Schmidt, H. Krug, N. Merl, A. Moses, P. Judeinstein, A. Berni WO 95/28663

[9] B. Munro, P. Conrad, S. Krämer, H. Schmidt, P. Zapp, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 1998, 54, 131.