

Zur Herstellung großflächiger elektrochromer Systeme auf sphärisch gebogenem Glas

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

Einleitung und Zielstellung

Elektrochrome Systeme bieten den Vorteil, dass die Transmission und der Wärmefluss den Lichtverhältnissen angepasst werden kann. Diese Eigenschaften machen derartige Systeme interessant für Anwendungen u.a. im Automobilbau. Bei geringer Sonneneinstrahlung und bei Nacht ist eine hohe Transparenz gewährleistet, bei starker Sonneneinstrahlung wirkt die elektrochrome Verglasung als Blend-, Sicht- und Sonnenschutz und reguliert den Wärmeeintrag in das Fahrzeug. Die geringere Erwärmung des Fahrzeuginnenraums sorgt für höheren Fahrkomfort und spart Energiekosten für die Klimatisierung. Für eine Verwendung im Automobilbereich war daher einer Realisierung eines elektrochromen Moduls in einer brachenüblichen Größe (ca. 65 cm x 50 cm) auf einem sphärisch gebogenen Glassubstrat erforderlich. Aus der Technik sind diverse Versuche zur Herstellung elektrochromer Module auch für den Automobilbereich bekannt [1-3]. Ziel dieser Arbeit war die effektive und kostengünstige Realisierung elektrochromer Automobilverglasungen in Originalgröße in einer für eine spätere technische Anwendung erforderlichen optischen Qualität und Stabilität. Hierzu sollte der Weg einer nasschemischen Beschichtung sphärisch gebogener, leitfähig beschichteter Glaspaare über den Sol-Gel-Prozess gewählt werden.

Experimentelles

Der Schematische Aufbau der vom INM entwickelten EC-Module ist in Abbildung 1 dargestellt.

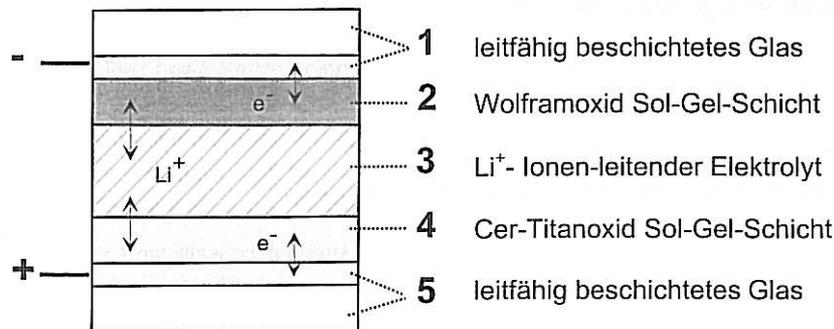


Bild 1. Aufbau der elektrochromen Dünnschichtzelle

Als Vorlage für die Herstellung der Module dienten Seitenscheiben bzw. Dachgläser von Serienfahrzeugen. Handelsübliches K-Glas in einer Stärke von 3 mm wurde durch alkalische Bürstenreinigung von Trennmitteln und Verschmutzungen befreit. Das gereinigte Glas wurde gemäß den Originalvorlagen ausgeschnitten und abgerundet. Zwei solcher K-Glas-Rohlinge wurden mit den beschichteten Seiten aufeinandergelegt, wobei eine Aluminiumfolie als Trennmittel verwendet wurde. Dieses Glaspaar wurde bei 595 °C im Heißluftofen gebogen, wobei eine in Quarzsand gebettete Originalscheibe als Biegeform diente. Dieser Biegevorgang konnte auf der Originalscheibe mehrmals ohne Qualitätsverlust wiederholt werden. Als Trennmittel zur Originalscheibe wurde ebenfalls eine Aluminiumfolie verwendet. Das gebogene K-Glas wurde mit VE-Wasser und Aceton gereinigt.

Die elektrisch nicht leitenden Seiten des K-Glases wurden vor dem Beschichten mit einer Schutzfolie abgeklebt und die Innenseiten der Glaspaare im Anschluss durch Tauchbeschichtung im Reinraum mit den entsprechenden Funktionsschichten versehen. Zum Beschichten wurden nanopartikuläre Lösungen der Peroxowolframsäure bzw. Cer-Titan-Mischoxide verwendet [4-7]. Die Nassfilme wurden bei 55 °C getrocknet und anschließend bei 240 °C (WO₃) bzw. 450 °C (CeO₂-TiO₂) verdichtet.

Die beschichteten K-Glas-Paare wurde mit Hilfe eines drucksensitiven Abstandhalterbandes miteinander verklebt, wobei eine Spaltbreite von 1 mm gewählt wurde. Der Spalt zwischen den Scheiben wurde mit einem modifizierten flüssigen anorganisch-organischen Kompositelektrolyt [8] befüllt, welcher

anschließend bei 105 °C gehärtet wurde. Das so erhaltene elektrochrome Modul wurde mit einem Dichtungsband versiegelt, um das Eindringen von Luftfeuchtigkeit zu verhindern. Die erhaltenen Zellen wurden bei einer Schaltspannung von 2.3 V (Färben) und 2.0 V (Entfärben) zunächst 100 mal geschaltet und anschließend spektroskopisch vermessen.

Ergebnisse

Die erhaltenen Module zeigten volle Funktionsfähigkeit und eine hohe Homogenität der Färbung und Entfärbung auch in den Randbereichen mit stärkerer Krümmung. Die Tatsache, dass die Einfärbung von unvermeidlichen Dickenschwankungen des Elektrolyten unabhängig ist, wird auf dessen gute Leitfähigkeit von 10^{-4} S/cm zurückgeführt, die bewirkt dass die Spannung hauptsächlich über den Schichten und nicht über dem Elektrolyt abfällt. Spektroskopisch wurden folgende Werte ermittelt: $T_{\text{entfärbt}, 550\text{nm}} = 70\%$, $T_{\text{gefärbt}, 550\text{nm}} = 14\%$. Durch das Biegen des K-Glases mit der o.g. Methode stieg der Widerstand der leitfähigen Beschichtung um den Faktor 2. Hierdurch zeigten die EC-Module auf sphärisch gebogenen Glassubstraten bei gleicher Schaltspannung eine im Vergleich zu planaren Substraten leicht verringerte Schaltgeschwindigkeit und Einfärbefizienz. Die Schaltgeschwindigkeiten eines 65 cm x 50 cm großen Moduls betrug etwa 7 Minuten für den Färbe- und für den Entfärbevorgang. Bisläng konnten die Module mehrere hundert Schaltzyklen ohne Qualitätsverlust gefärbt- und entfärbt werden.

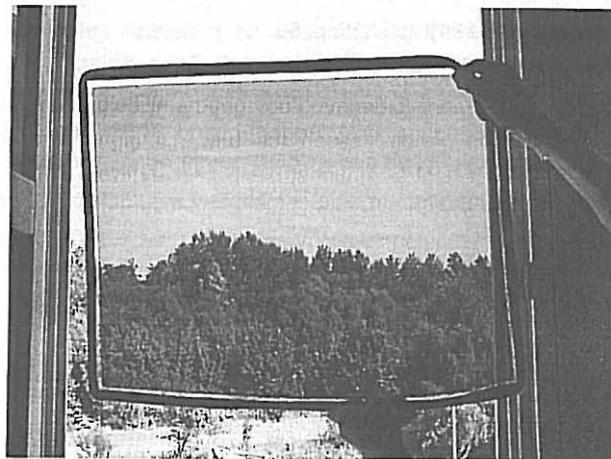


Bild 2. Darstellung eines gebogenen EC Moduls im gefärbten Zustand

Wie in Bild 2 gezeigt lässt sich die Lichtdurchlässigkeit mit Hilfe eines eingefärbten EC Moduls deutlich verringern.

Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass das Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung elektrochromer Module in sehr guter optischer Qualität auf sphärisch gebogenen Glassubstraten hervorragend geeignet ist. Die Verwendung von K-Glas als Ausgangssubstrat zeigt, daß die Herstellung gebogener elektrochromer Module ohne das nachträgliche Aufbringen einer transparenten leitfähigen Beschichtung auf bereits gebogenen Substraten möglich ist, was aus Kostengründen für eine künftige Produktion interessant ist. Die Schalteigenschaften der Module sollten sich durch den Einsatz professionell gebogener Gläser weiter verbessern lassen.

-
- [1] M. Mennig, S. Heusing, P. Zapp, N. Niegisch und H. Schmidt, Proceedings of the 3rd ICCG, 2000, 787.
 - [2] N. A. O. Brien, J. Gordon, H. Mathew, B. P. Hichwa, Thin Solid Films, 1999, 345, 312.
 - [3] J. M. Bell, I. L. Skryabin, A. J. Koplick, Solar Energy Materials & Solar Cells, 2001, 68, 239.
 - [4] 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, (SPIE, 1994) Vol. 225, p. 52.
 - [5] B. Munro, P. Conrad, S. Krämer, H. Schmidt, P. Zapp, Solar Energy Materials & Solar Cells 1998, 54, 131.
 - [6] P. Baudry, A.C. M. Rodrigues, M. A. Aegerter und L. O. Bulhões, Journal of Non-Crystalline Solids 1990, 121, 319.
 - [7] B. Munro, P. Conrad, S. Krämer, H. Schmidt, P. Zapp, Solar Energy Materials & Solar Cells 1998, 54, 131
 - [8] B. Munro, P. Conrad, S. Krämer, H. Schmidt, P. Zapp, Solar Energy Materials & Solar Cells 1998, 54, 131