

## NEUE MATERIALIEN FÜR SCHALTBARE VERGLASUNGEN

Die Nachfrage nach schaltbaren Verglasungen zur Regulierung der Lichttransmission und des Energiedurchgangs steigt aus Gründen des Komforts und wachsender Energiekosten stetig. Dies betrifft vor allem Verglasungen von Gebäuden sowie von Autombildächern. Die für derartige Systeme benötigten elektrochromen Schichten werden am Fraunhofer IST entwickelt.

### Das Prinzip

Der prinzipielle Aufbau eines elektrochromen Schichtsystems ist in Abbildung 1 gezeigt. Er entspricht im Wesentlichen dem einer Lithium-Ionen-Batterie, jedoch mit transparenten Elektroden und Aktivschicht sowie Gegenelektrodenmaterialien, die je nach Ladungszustand ihre Lichttransmission ändern. Die Aktivschicht des Systems besteht in der Regel aus Wolframoxid ( $\text{WO}_3$ ). Durch Anlegen einer Spannung wird Lithium in diese eingelagert, wobei sie sich dunkel färbt. Diesen Vorgang bezeichnet man als kathodisches Schaltverhalten. Durch das Umpolen der Spannung wird das Lithium aus der Aktivschicht über den Elektrolyten zur Gegenelektrode transferiert und dort eingelagert. Dadurch hellt sich die Aktivschicht wieder auf.

Idealerweise zeigt die Gegenelektrode ein gegenläufiges anodisches Schaltverhalten, d. h. eine Aufhellung bei Lithium-Einlagerung und eine Dunkelfärbung im Zustand ohne Lithium. Ein derartiges anodisches Schaltverhalten ist nur für wenige Oxide der Übergangsmetalle bekannt, Beispiele sind Chrom (Cr), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Vanadium (V), Iridium (Ir), Eisen (Fe) und Ruthenium (Ru). Hierbei scheiden Iridium und Ruthenium aus Kostengründen für einen großflächigen Einsatz aus. So kommt Iridiumoxid ( $\text{IrO}_2$ ) z. B. nur auf kleiner Fläche in schaltbaren Autospiegeln zum Einsatz. Weitere im Rahmen eines Einsatzes zu berücksichtigende

Randbedingungen sind der erreichbare hell/dunkel Schalthumb, die Zyklenstabilität, der Farbeindruck sowie Gesundheitsaspekte der Materialien.

### Neuartige Gegenelektroden

Aktuell werden am Fraunhofer IST im Rahmen des Verbundprojekts »Smart Windows der 2. Generation 'ECWin2.0'« mit der Förderkennziffer 13N13375 gemeinsam mit den Projektpartnern EControl-Glas GmbH & Co und GFE Fremat GmbH neuartige Gegenelektroden entwickelt. Ziel ist es, die bestehende Gegenelektrode – ein Metall 1-Metall 2-Oxid – des Projektpartners EControl durch Zusatz oben genannter Elemente zu modifizieren und so insbesondere das Schaltverhalten und den derzeit leicht gelben Farbeindruck weiter zu verbessern.

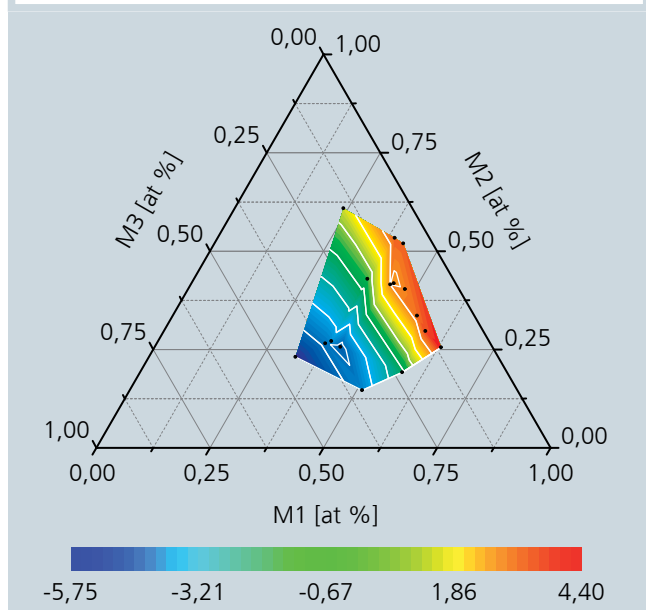
Dafür werden am Fraunhofer IST mittels reaktivem Ko-Sputtern von bis zu drei Sputterquellen neue Mischoxide hergestellt. Die Beurteilung der Lithiumaufnahme-fähigkeit erfolgt mithilfe der Zyklovoltammetrie. Parallel dazu wird die visuelle Transmission und deren Änderung gemessen. Nach ersten orientierenden Abscheidungen der reinen Oxide, z. B. Metall 1-Oxid (vgl. Abbildung 2) wurden unterschiedlichste Mischungen realisiert. Die erfolgreichste zeigt dabei über weite Bereiche das gewünschte anodische Schaltverhalten.

Die optische Dichte (OD) nimmt bei Lithium-Einlagerung ab (vgl. unten stehende Abbildung,  $\Delta OD < 0$ ), d. h. die Schicht hellt auf. Gleichzeitig weisen die Schichten eine ausreichende Lithium-Aufnahmefähigkeit auf.

#### Ausblick

Derzeit werden die erfolgreichsten Mischoxide hinsichtlich ihrer Zyklenbeständigkeit untersucht und im Verbund mit der Aktivschicht getestet. Weiterhin sind Untersuchungen auf größerer Fläche im Technikumsmaßstab 30x40 cm<sup>2</sup> geplant.

Änderung der optischen Dichte ( $\Delta OD$ ) in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der metallischen Bestandteile der Gegenelektrode.



1 *Prinzipieller Aufbau eines elektrochromen Schichtsystems.*

2 *Gegenelektrode aus Metall 1-Oxid auf Glas mit transparenter Elektrode.*

## KONTAKT

Dr. Stephan Ulrich  
Telefon +49 531 2155-618  
stephan.ulrich@ist.fraunhofer.de