

**CONTACT**

Dr. Olaf Zywitzki

Phone +49 351 2586 180

olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de

WERKSTOFFKUNDE / ANALYTIK

Die Abteilung Werkstoffkunde / Analytik arbeitet auf dem Gebiet der Charakterisierung dünner Schichten. Für die weitere Entwicklung der Beschichtungstechnologien am Fraunhofer FEP beschäftigen wir uns dabei vor allem mit dem Einfluss von Prozessparametern auf Struktur und Eigenschaften dünner Schichten. Typische Anwendungen sind optische Schichtsysteme, transparente leitfähige Oxidschichten, Schichten für Dünnschichtsolarzellen, verschleiß- und abrasionsbeständige Hartstoffschichten, Barrierschichten gegenüber Wasserdampf und korrosionsbeständige Schichten.

Für Strukturuntersuchungen steht uns ein modernes Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop (FE-REM) zur Verfügung, welches eine Auflösung bis zu 1 nm ermöglicht. Zur Untersuchung von Gefüge und Grenzflächen in Schichtsystemen werden die Proben vor der FE-REM Untersuchung mithilfe einer leistungsstarken Ionenpräparations-technik präpariert. Diese Technik erlaubt eine Ionenpolitur unterschiedlichster Werkstoffe wie Polymere, Keramiken, Metalle und Halbleiter und die anschließende Abbildung im Material- und Kristallorientierungskontrast. Für chemische Analysen werden die energiedispersive Spektrometrie von Röntgenstrahlung (EDS) und die optische Glimmentladungsspektrometrie (GD-OES) verwendet. Während EDS-Analysen eine hohe laterale Auflösung im Mikrometerbereich und eine schnelle Quantifizierung ermöglichen, können mit GD-OES Analysen chemische Tiefenprofile im Konzentrationsbereich von wenigen ppm bis zu 100 % mit einer gleichzeitig hohen Tiefenaufklärung im Nanometerbereich untersucht werden. Typische Anwendungen sind Analysen der chemischen Schichtzusammensetzung, von Verunreinigungen und von Diffusionsprofilen. Um den Einfluss von Prozessparametern auf Applikationseigenschaften der Schichten zu untersu-

chen, verwenden wir verschiedene Messmethoden zur Bestimmung von optischen, mechanischen und elektrischen Eigenschaften.

Zur Charakterisierung der optischen Eigenschaften werden die UV-VIS-Spektroskopie, die spektroskopische Ellipsometrie und die Haze-Messung verwendet. Die mechanischen Eigenschaften Härte und Elastizitätsmodul werden durch Nanoindentation, die Abrasionsbeständigkeit mit dem TABER® Abraser und die Haftfestigkeit mit dem Ritztest untersucht. Als elektrische Eigenschaften können die elektrische Leitfähigkeit von Schichten, I-U-Kennlinien und Quanteneffizienzen von Solarzellen untersucht werden.

Eine wichtige Anforderung an Verpackungsfolien und OLED Verkapselungen ist die Permeationsbarriere gegenüber Wasserdampf. Für den Messbereich von 1×10^{-3} g/m²d bis 10 g/m²d wird die Wasserdampfdurchlässigkeit am Fraunhofer FEP nach dem Elektrolyseverfahren bestimmt. Durch die Anfang 2017 erfolgte Investition in ein neues Messgerät HiBarSens 2.0 HT nach dem Prinzip der Laserdiodenspektroskopie wurden die Nachweismöglichkeiten jetzt auf den Bereich sehr geringer Wasserdampfdurchlässigkeiten von 1×10^{-6} bis 1×10^{-3} g/m²d erweitert. Damit sind wir in der Lage die Qualität von Ultrahochbarrierschichten, wie sie z. B. für die Verkapselung von OLEDs und Mikrodisplays notwendig sind, zu kontrollieren und somit auch zu deren weiterer Optimierung beizutragen. Die Anforderung von Schichten an die Klimabeständigkeit können durch Kondenswassertests, Salzsprühtests oder die Einstellung definierter Klimawerte getestet werden.

Durch die Kombination der vorhandenen vielfältigen Charakterisierungsmethoden ist es möglich, die Technologie für die Abscheidung maßgeschneiderter Schichten für verschiedenste Anwendungen zu optimieren.

MATERIALS ANALYSIS

The Materials Analysis Department works in the area of thin-film and coating characterization. We are concerned primarily with the influence of process parameters on the structure and properties of thin films for the development of advanced coating technologies at Fraunhofer FEP. Typical applications include optical layer systems, transparent conductive oxide layers, layers for thin-film solar cells, wear- and abrasion-resistant hard coatings, barrier layers for water vapor, and corrosion-resistant coatings.

For structure investigations a modern field emission scanning electron microscope (FE-SEM) with a resolution up to 1 nm is available to us. For investigating the structure and interfaces in layer systems, the samples are prepared with the help of a powerful ion-beam cross section polisher prior to the FE-SEM studies. This technology permits ion-polishing of a wide variety of materials such as polymers, ceramics, metals, and semiconductors with subsequent imaging in material- and crystal-orientation contrast.

Energy-dispersive X-ray spectrometry (EDS) and glow-discharge optical-emission spectroscopy (GD-OES) are utilized for chemical analyses. While EDS analyses facilitate high lateral resolution in the micron range along with rapid quantification, depth profile studies of chemical composition can be carried out by GD-OES that detect concentrations between few ppm up to 100% and achieve depth resolutions in the nanometer range. Typical applications include analyses of the chemical composition of layers, of contaminants, and diffusion profiles.

To study the influence of process parameters on the properties of layers in applications, we utilize various measurement techniques for determining their optical, mechanical, and electrical properties.

UV-VIS spectroscopy, spectroscopic ellipsometry, and haze measurement are utilized for characterizing optical properties. Mechanical properties hardness and the modulus of elasticity are investigated using nanoindentation, while abrasion-resistance is examined using the TABER® abramer, and adhesive strength with the scratch test. As electrical properties the conductivity of layers, characteristic I-V curves, and quantum efficiencies of solar cells can be determined.

An important requirement for packaging films and OLED encapsulation is a high permeation barrier against water vapor. Water vapor transmittance is determined at Fraunhofer FEP using the electrolytic detection sensor method in the measurement range of 1×10^{-3} g/m²d to 10 g/m²d. Thanks to the investment at the beginning of 2017 in a new measuring system HiBarSens 2.0 HT using laser diode spectroscopy for analysis, the detection range for extremely low water-vapor transmittance has been extended down to 1×10^{-6} to 1×10^{-3} g/m²d. As a result, we are able to control the quality of ultra-high barrier coatings used for encapsulating OLEDs and microdisplays, contributing to their further improvement. The requirements for coatings to resist environmental exposure can be tested through condensation-water and salt-spray tests, and applying specified climatic conditions.

Combining the diverse on-site characterization methods can help improve deposition techniques of custom-designed layers and coatings for a wide range of applications.