

Barrierschichten für die Verkapselung von organischen Leuchtdioden

Einleitung

Organische Leuchtdioden, kurz OLEDs (Organic Light Emitting Diodes), und organische Solarzellen sind Dünnschichtbauelemente auf organischer Basis, welche aus halbleitenden Materialien aufgebaut sind. OLEDs bieten gegenüber herkömmlichen, derzeit vorrangig genutzten Technologien wie LEDs (anorganische Leuchtdioden) den Vorteil, dass sie kostengünstig auf flexiblen Substraten aufgebracht werden können und somit im Bereich innovativer Technologien wie transportable, aufrollbare Bildschirme und Displays oder als großflächige Raumbeleuchtung einsetzbar sind.

Forschungsziel

Das Ziel der Forschungstätigkeiten ist die Herstellung transparenter und wirksamer Wasser- und Sauerstoff-Barrierschichten, welche den Spezifikationen der OLED- und organischen Solarzellen-Hersteller genügen (Abb. 1).

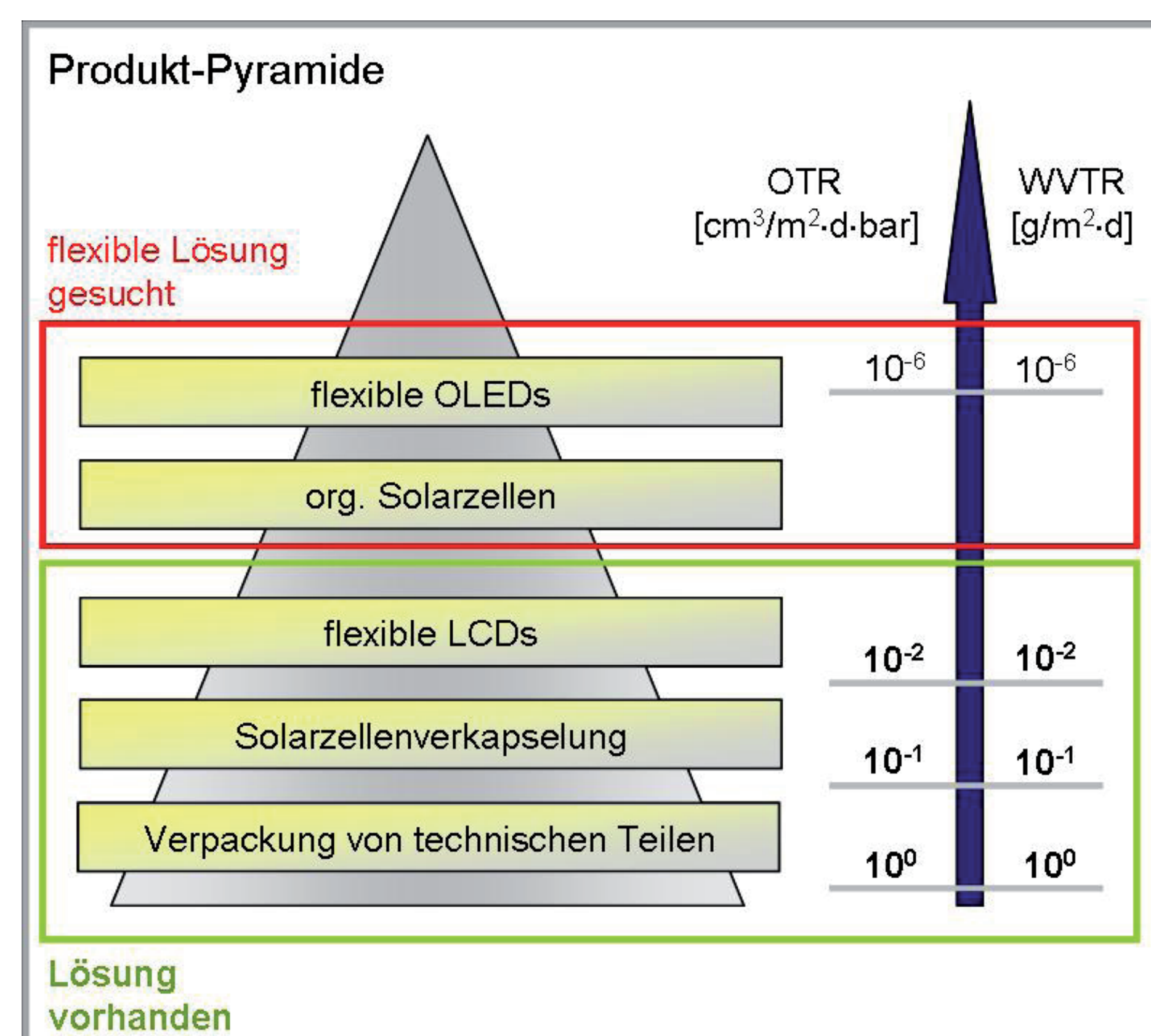


Abb. 1: Spezifikation für Wasser (WVTR)- und Sauerstoff (OTR)-Diffusionsraten [S. Logothetidis / Mat.Sci.Eng. B 152 (2008) 96–104]

Lösungsweg

- Herstellung von Barrierschichten mittels Atomlagenabscheidung (ALD) (Abb.2)

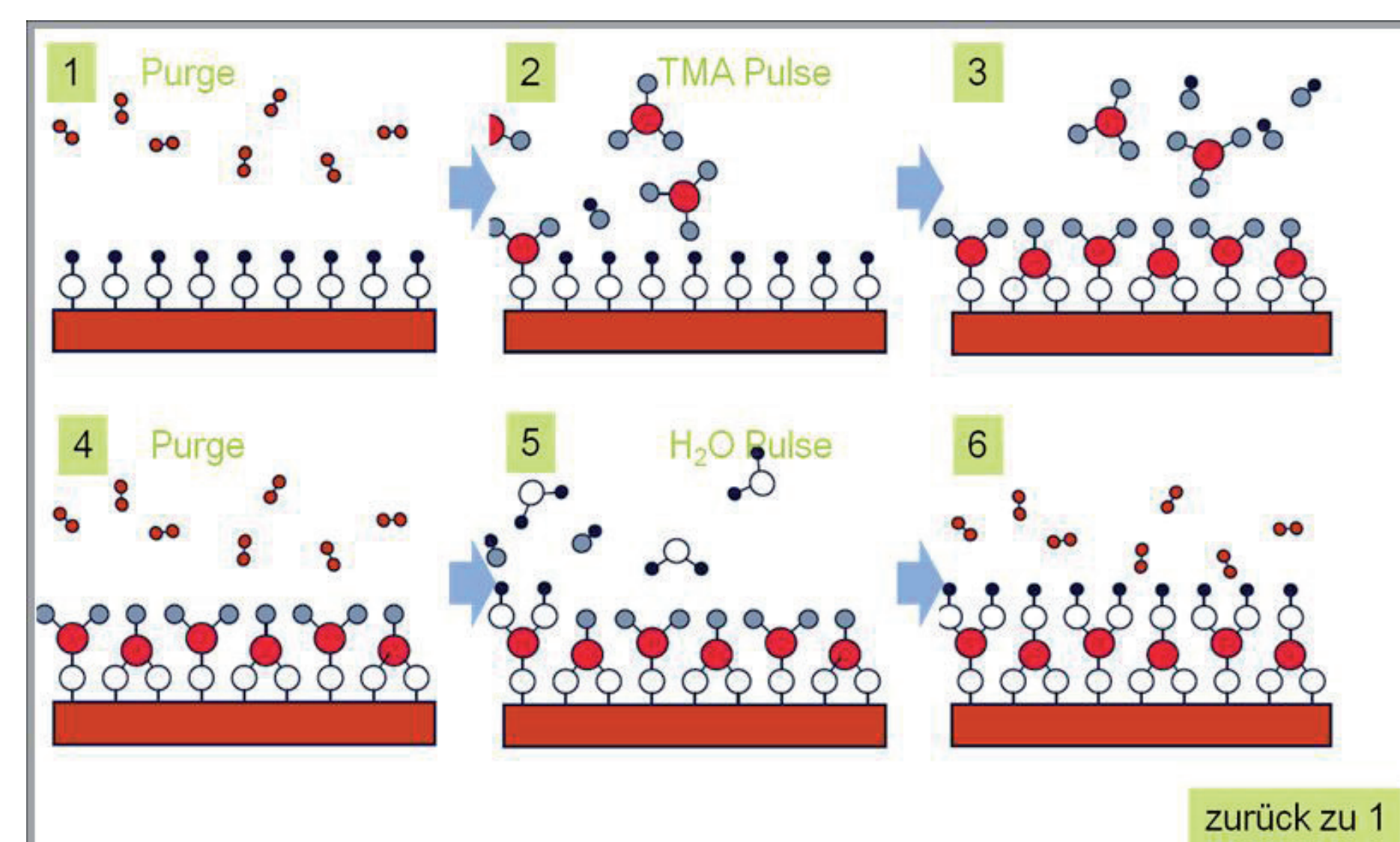


Abb. 2: Die Schritte 1-6 bilden die Stufen eines ALD Zyklus: 1: Spülen mit N₂; 2: Metallpräkursorpuls (hier TMA); 3: Adsorption der Präkursormoleküle, Abspaltung und Entstehung der Beiprodukte; 4: Spülen mit N₂; 5: O-Präkursorpuls (hier H₂O oder auch O₃); 6: Adsorption der Präkursormoleküle und Entstehung von Al₂O₃.

- Einsatz von bisher nicht verwendeten Präkursoren und Schichtbestandteilen
- Schichtabscheidung auf starren Glassubstraten, flexiblen Polymerfolien bzw. direkt auf OLEDs
- Kombination der ALD-Abscheidung mit der physikalischen Gasphasenabscheidung (PVD) oder Plasmapolymersation (CVD, Chemical Vapour Deposition) oder Dielektrischer Barriereentladung (mit Präkursor)
- Beurteilung der Barriereigenschaften mit dem elektrischen und optischen Kalziumtest (Abb. 3)
- Messmethode geeignet um sehr niedrige WVTR von bis zu 10⁻⁶ g/m² d zu erfassen

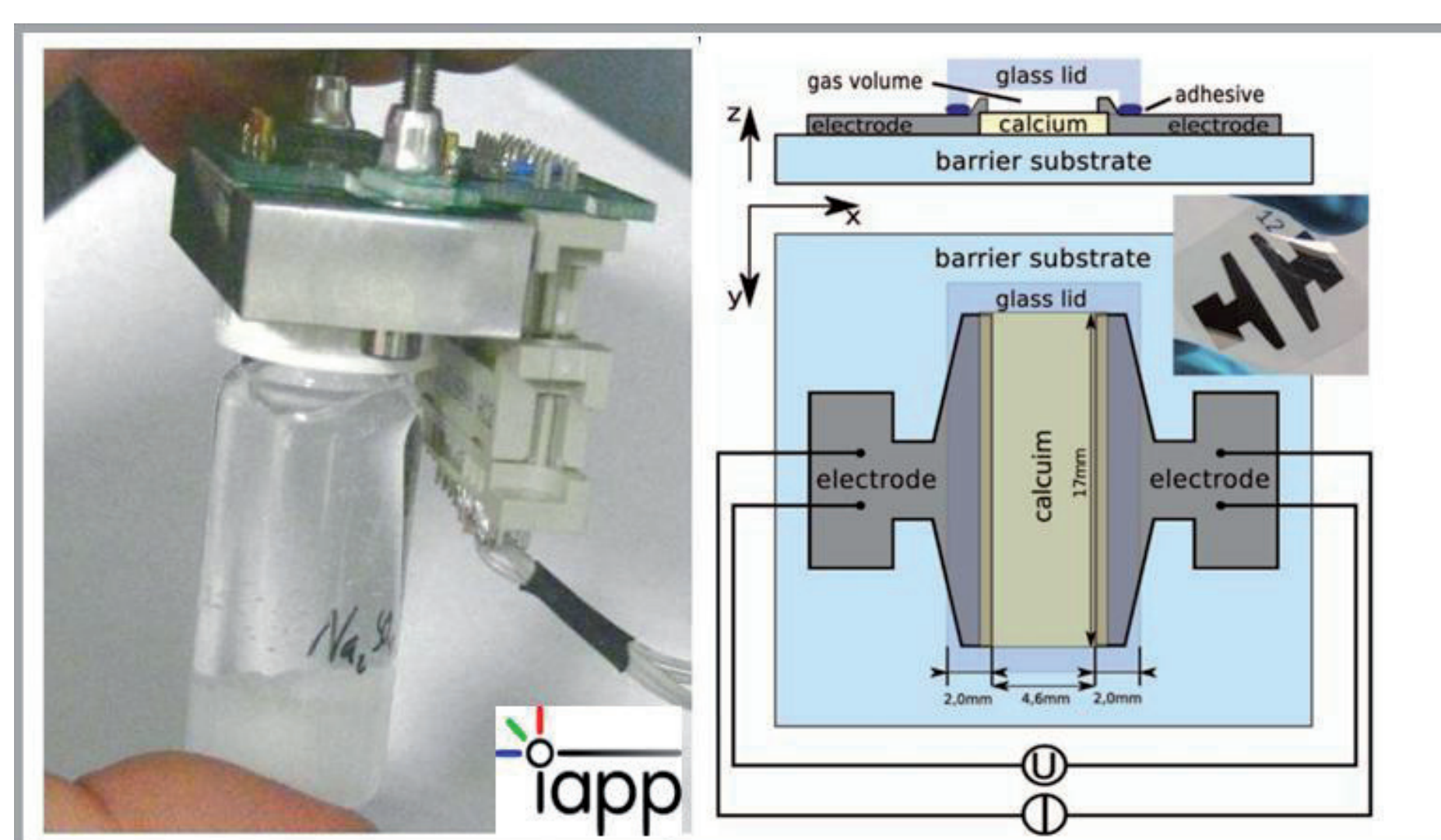


Abb. 3: Elektrischer Kalziumtest mit 4-Punkt-Messung

Ergebnisse

Barrierschichten auf Glas

- ALD-Abscheidung von Aluminiumoxid- (Al₂O₃), Hafniumoxid- (HfO₂) und Titanoxid-Schichten (TiO₂)

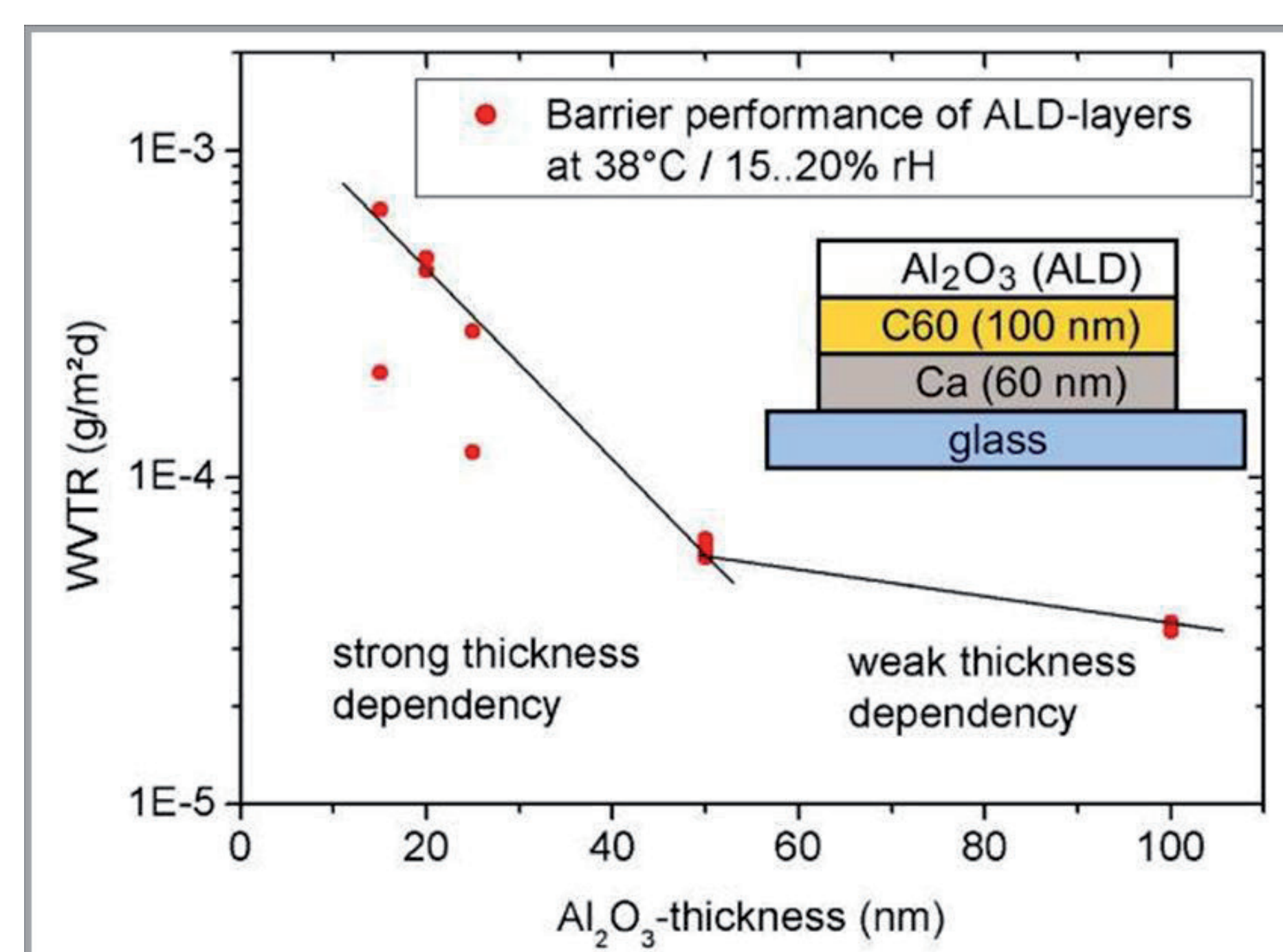


Abb. 4: Barriereigenschaften von Aluminiumoxidschichten unterschiedlicher Dicke auf Glas

- Optimierung des ALD-Prozesses hinsichtlich Niedertemperatureinsatz, Präkursorpulsdauer und -Spüldauer, sowie beim Plasmaprozess die O₂-Plasmadauer und Leistung
- 100 nm dicke Barrierschicht aus Al₂O₃ erreicht eine Transmissionsrate von 3·10⁻⁵ g/m²·d (Abb. 4)
- HfO₂- und TiO₂-Schichten nicht als Diffusionsbarrieren geeignet, aber als Zwischenschichten in einer Nanolaminatstruktur einsetzbar

Barrierschichten auf Polymerfolien

- Im Vergleich der Folieneigenschaften (Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET) und Polyethylenphthalat (PEN)) wie z. B. Stabilität, Transparenz, Topografie und Quellvermögen weist die PEN-Folie die höchste Temperaturstabilität und das geringste Quellvermögen auf
- 25 nm dicke Al₂O₃-Schicht auf PC-Folie zeigt Barriereigenschaften von 6·10⁻⁴ g/m²·d
- Bei dickeren Schichten steigt die Transmissionsrate an, was durch mögliche Brüche in der steiferen Schicht hervorgerufen worden sein könnte

Barrierschichten auf OLEDs

- Übertragung der auf Glas und Polymerfolien optimierten Technologien (Al₂O₃, Multilagenbarrierschichten) auf OLEDs
- Effizienz der Barrierewirkung in Form der OLED-Lumineszenz und des Pinhole-Wachstums kontinuierlich detektierbar

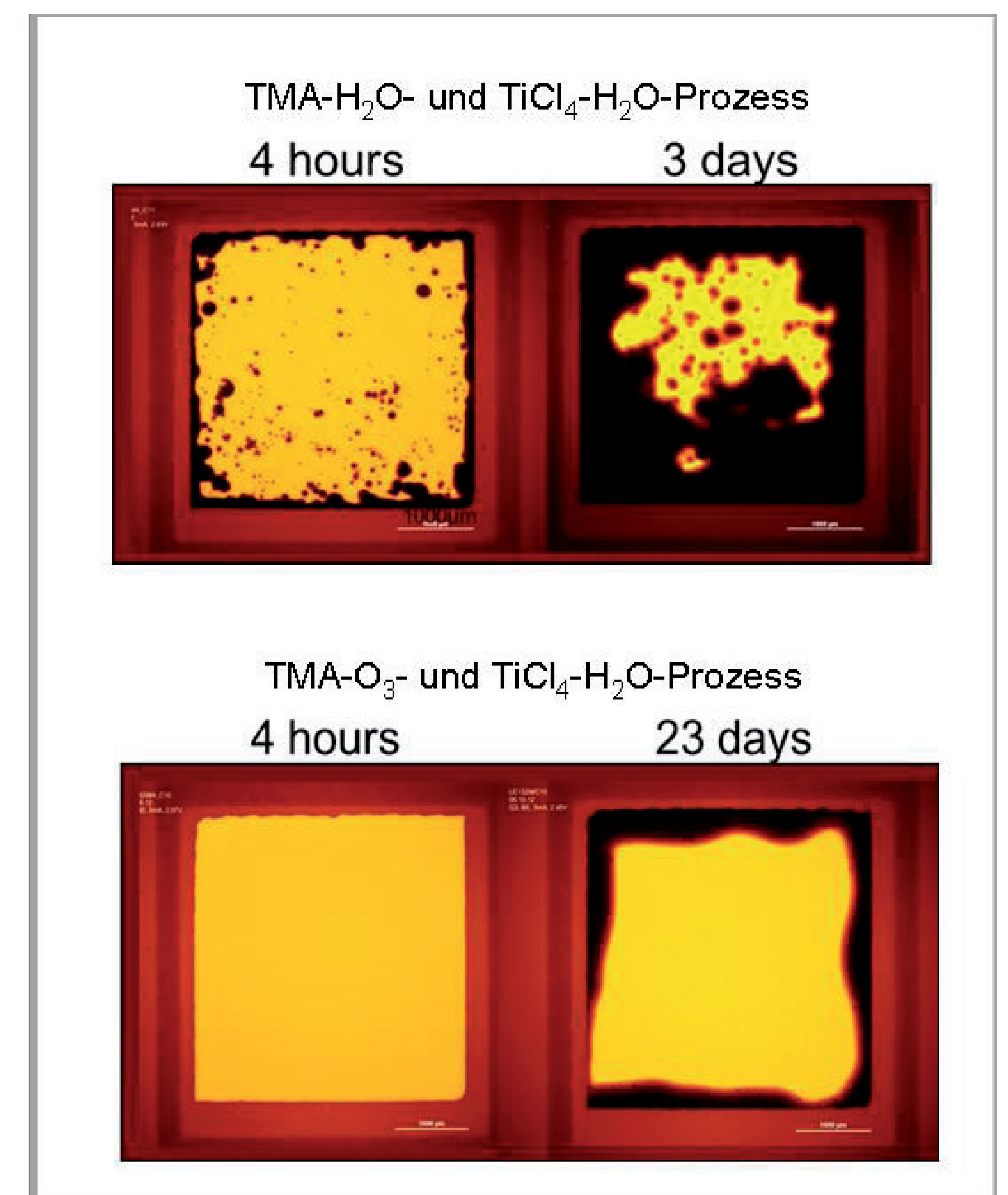


Abb. 5: ALD-Direktabscheidung von TiO₂/Al₂O₃-Laminaten auf OLEDs, Laminat aus je 5 nm Al₂O₃- und 5 nm TiO₂-Einzelschichten mit einer Gesamtdicke von 100 nm, Variation der Spülgase

- Verwendung verschiedener Spülgase bewirkt unterschiedliche Eigenschaften der Barrierschichten auf OLEDs (Abb. 5)
- Längere Ozonpulsdauern spiegeln sich in einer Verbesserung der Barriereigenschaften wider
- Al₂O₃/TiO₂-Multilagenbarrieren auf OLEDs weisen nur vereinzelte Pinholes auf
- Dominierender Effekt war zunächst die Randdegradation, welche durch Modifikationen in der OLED-Herstellung minimiert wurde