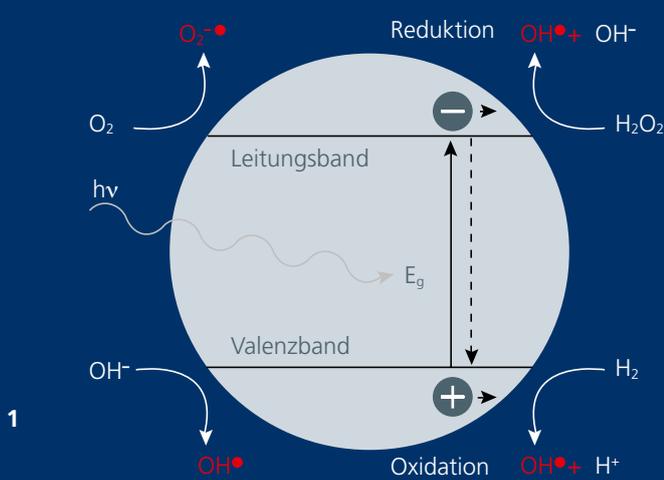


PHOTOKATALYTISCHE OBERFLÄCHEN

HERSTELLUNG, CHARAKTERISIERUNG UND BEWERTUNG





PHOTOKATALYTISCHE OBERFLÄCHEN

Was ist Photokatalyse?

Photokatalyse ist die Umwandlung chemischer Substanzen unter dem Einfluss von Licht. Der Photokatalysator absorbiert die Energie des Lichts, überträgt sie auf eine reaktive Verbindung und löst so – häufig über die Bildung von Radikalen – eine chemische Reaktion aus. Als Photokatalysatoren eignen sich Metallkomplexe und Halbleiter. Ein gebräuchlicher Photokatalysator ist Titandioxid (TiO₂). TiO₂ wird dabei vorwiegend in der Anatas-Kristallkonfiguration, einer tetragonalen Modifikation des Titandioxids, eingesetzt. Mit photokatalytischen Prozessen lassen sich organische Materialien abbauen. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung mikrobiellen Bewuchses an Oberflächen, unterstützen Reinigungsprozesse und werden auch zur Luftreinigung und Wasseraufbereitung verwendet.

Anwendungsgebiete photokatalytischer Prozesse

Photokatalytische Prozesse sind seit langem bekannt, haben in den letzten Jahren aber einen rasanten Aufschwung in der technischen Anwendung erfahren. So werden in Japan heute schon Straßen, Tunnelwände und Lampen gläser mit TiO₂ beschichtet, um Luftverunreinigungen abzubauen. Der derzeitige Markt für photokatalytische Oberflächen in Japan wird auf 400 Millionen US Dollar geschätzt [1].

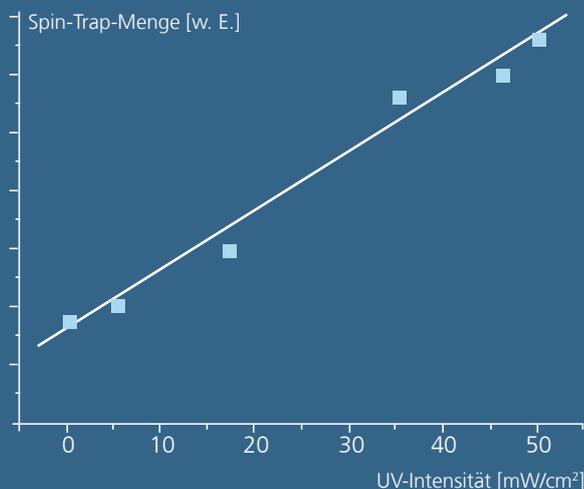
1 Wirkungsweise photokatalytischer Schichten bei Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff an einer TiO₂-Oberfläche: Das UV-Licht erzeugt Hydroxyl-Radikale, die ihrerseits organische Verbindungen abtragen [1].

Auch in Deutschland werden mittlerweile die ersten Produkte mit photokatalytischen Oberflächen aus TiO₂ angeboten, beispielsweise Dachziegel mit einer selbstreinigenden, photokatalytischen Schicht. Daneben wird im Bereich der Energietechnologien der Einsatz photokatalytischer TiO₂-Schichten in Solarzellen, beispielsweise in Grätzel-Zellen, erprobt. Neuerdings werden Ansätze zur CO₂-Zersetzung zur Minderung des Treibhauseffektes diskutiert. Ein wichtiger Aspekt ist auch die antimikrobielle Wirkung photokatalytischer Schichten. In Medizin und Medizintechnik können sie biozide Substanzen ersetzen und zur Desinfizierung eingesetzt werden oder als antibakterielle Beschichtung auf Implantaten unerwünschte Infektionen verhindern. Auch in der Lebensmittelindustrie reduzieren photokatalytische Oberflächen die Keimbelastung an hygienisch kritischen Arbeitsplätzen.

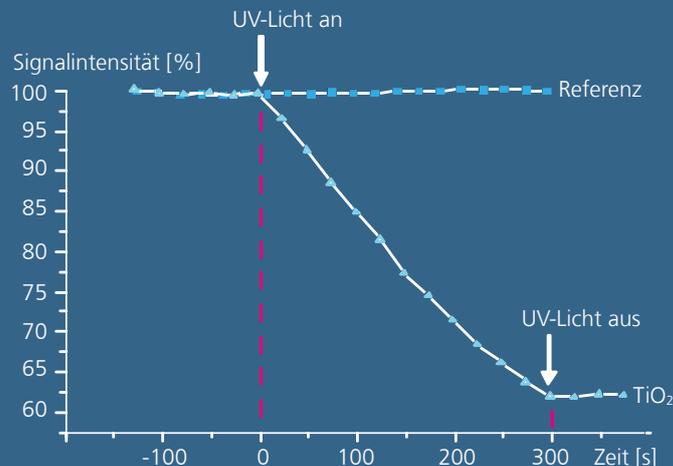
Photokatalytische Oberflächen am Fraunhofer IGB

Dank eines breiten Kompetenzspektrums von der Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft bis hin zur Grenzflächenmikrobiologie bietet das Fraunhofer IGB sowohl die Entwicklung, Charakterisierung und Herstellung photokatalytischer Oberflächen als auch die Bewertung der photokatalytischen Aktivität im Hinblick auf Beschichtungserfolg, Prozessführung und antimikrobieller Wirksamkeit an. Für komplexere Fragestellungen arbeiten wir mit anderen Instituten innerhalb der Fraunhofer-Allianz Photokatalyse zusammen.

2



3



ENTWICKLUNG UND CHARAKTERISIERUNG PHOTOKATALYTISCHER BESCHICHTUNGEN

Das Fraunhofer IGB charakterisiert und entwickelt mit seinen Projektpartnern photokatalytische Beschichtungen im Kundenauftrag. Zudem analysieren wir die chemische Zusammensetzung von Kontaminationen oder die Benetzungseigenschaften von Oberflächen.

Analytik des photokatalytischen Effekts

Photokatalytische Schichten sollen, verstärkt durch einen in die Schicht integrierten Katalysator (häufig TiO₂), mit Hilfe von Strahlung organisches Material abbauen. Im Idealfall werden in Anwesenheit des Photokatalysators und von UV-Strahlung infolge der Radikalbildung organische Substanzen von der Oberfläche abgelöst und zersetzt. So können sie die Selbstreinigung unterstützen oder die Bildung von Biofilmen – den Bewuchs mit Mikroorganismen, Algen oder Flechten – verhindern.

Die Herausforderung bei der Entwicklung photokatalytischer Schichten ist der quantitative Nachweis der Wirksamkeit photokatalytischer Oberflächen. Dieser Nachweis ist essenziell, um den Beschichtungserfolg bzw. die photokatalytische Wirkung der Beschichtung zu messen und im Weiteren die Oberflächenbeschichtung zu optimieren.

2 Mittels ESR gemessene lineare Abhängigkeit der Hydroxyl-Radikalmenge von der UV-A-Bestrahlungsdosis [2].

3 Zeitabhängige Signalintensität des Abbaus einer Markierungssubstanz (3-Carboxy-Proxyl) während der UV-Bestrahlung einer TiO₂-beschichteten Probe [3].

Radikaldetektion mittels Elektronen-Spin-Resonanz

Eine Methode zur Untersuchung der quantitativen Radikalaktivität solcher Oberflächen stellt die Elektronen-Spin-Resonanz (ESR) dar, mit der Radikale detektiert werden können. Im Fall UV-bestrahlter photokatalytischer Oberflächen können die erzeugten Radikale (beispielsweise Hydroxid-Radikale) durch sogenannte »Spin-Trap«-Substanzen eingefangen und stabilisiert werden. Die Spin-Trap-Addukte werden dann sowohl qualitativ als auch quantitativ mittels ESR nachgewiesen. Dadurch können wir die Beschichtung hinsichtlich der generierten Radikalmenge bei einer bestimmten Bestrahlungsdosis optimieren.

Beispiel: Untersuchung von Zahnimplantaten

In einem von der Landesstiftung Baden-Württemberg finanzierten Forschungsprojekt haben wir in Kooperation mit Partnern der Universität Tübingen photokatalytische Beschichtungen auf Implantaten für die Zahnmedizin entwickelt und deren Eigenschaften untersucht. In Bild 2 (aus [2]) ist die mittels ESR gemessene Hydroxyl-Radikalmenge in Abhängigkeit von der UV-A-Bestrahlungsdosis dargestellt. In diesem Fall ist eine mit steigender UV-A-Dosis lineare Akkumulation der Hydroxyl-Radikale zu beobachten. Ausgehend von diesen Experimenten bestimmen wir die Mengen auch weiterer unterschiedlicher Radikalspezies UV-dosisabhängig und vergleichen sie mit unterschiedlichen photokatalytischen Proben.

**Fraunhofer-Institut
für Grenzflächen- und
Bioverfahrenstechnik IGB**
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-4401
Fax +49 711 970-4200
info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

Leistungsangebot

Schicht- und Prozessentwicklung

Analytik und Charakterisierung

- Abbau organischer Substanzen auf photokatalytischen Oberflächen z. B. durch
 - IR-Absorption
 - Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)
 - pH-Wertänderung
 - Ellipsometrie
 - Quarz-Mikrowaage (QCM)
- Messung der Oberflächenenergien und Benetzung (Hydrophilie) über Wasser-Kontaktwinkelmessungen unter UV-Bestrahlung
- Schichtcharakterisierung (Topographie, Morphologie)
 - Raster-Kraft-Mikroskopie (AFM)
 - Raster-Elektronenmikroskopie (REM)
- Untersuchung der quantitativen Radikalaktivität mittels Elektronen-Spin-Resonanz (ESR)

Überprüfung der antimikrobiellen Wirksamkeit photokatalytischer Oberflächen (siehe separate Broschüre).

Förderung und Partner

Das Projekt »Schaltbare Biomaterial-Oberfläche – Nanostrukturiertes Implantat mit photoaktivierbaren Eigenschaften« wurde von der Landesstiftung Baden-Württemberg finanziert. Projektpartner waren das Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde am Universitätsklinikum Tübingen sowie die Universitätsklinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie der Universität Tübingen.

Literatur

[1] www.inm-gmbh.de

[2] Haupt M., Peetsch A., Oehr C. (2009): Elektronen-Spin-Resonanz – Eine Methode zur Bewertung der Radikalaktivität auf photokatalytischen Implantatoberflächen, Vakuum in Forschung und Praxis 21: 22-29

[3] Rupp F., Haupt M. et al. (2010): Multifunctional nature of UV-irradiated nanocrystalline anatase thin films for bio-medical applications, Acta Biomaterialia 6: 4566–4577