



## ORGANISCHE UV-SCHUTZSCHICHTEN FÜR DIE POLYCARBONATVERGLASUNG

### ORGANIC UV-PROTECTION COATINGS FOR POLYCARBONATE GLAZING

In der Automobilbranche besteht ein großes Interesse, Teile der Außenverglasung durch Polycarbonatscheiben zu ersetzen. Von Vorteil sind dabei die Gewichtsersparnis sowie die hohe Bruchfestigkeit von Polycarbonat. Außerdem ermöglicht die Verwendung von Polycarbonatscheiben komplexere 3D-Geometrien und damit eine neue Designfreiheit, die mit Glas nicht realisierbar ist (Abb. 1). Polycarbonat ist allerdings ohne eine Beschichtung der Oberfläche nicht verschleißbeständig und unterliegt im Sonnenlicht einer photochemischen Degradation. Diese kann zu einer Verfärbung des Polymersubstrats und zum Verlust der Haftung zwischen Schicht und Kunststoff führen. Die bisher verwendeten Schutzschichten basieren auf nass-chemisch aufgetragenen Lacksystemen, deren Härte und UV-Schutzwirkung jedoch nicht optimal ist.

Im BMBF-Verbundprojekt »Minerva« [1] wird ein Vakuumbeschichtungsprozess zur Abscheidung einer kombinierten UV- und Verschleißschutzschicht auf Polycarbonat entwickelt. Die Herausforderung besteht darin, in einem Vakuumschritt homogene mehrere Mikrometer dicke Schichten auf großflächigen, gekrümmten Bauteilen abzuscheiden. Ein Modellschichtsystem ist in Abb. 2 zu sehen.

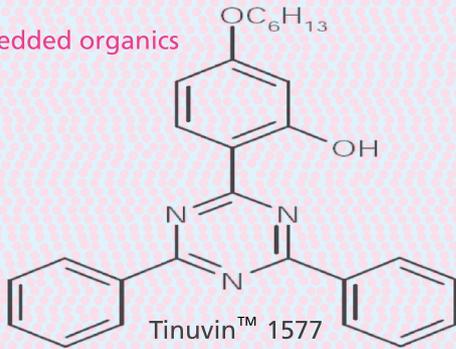
There is considerable momentum in the automotive industry to replace glazing parts with polycarbonate (PC). The advantages of PC include its light weight and high fracture strength. Additionally, complex 3D geometries and a new design freedom are achievable with the application of polycarbonate glazing parts instead of glass (Fig. 1) However, PC is not wear-resistant and undergoes solar photochemical degradation without an additional protection layer. The sunlight can initialize a yellowing of the polymer substrate and an adhesion loss between layer and polymer. To date, wet-chemically based lacquers have been used as protection coatings, but their hardness and UV protection is not sufficient.

The aim of the joint research project "Minerva" [1] is to develop a combined UV protective and scratch resistant PC coating deposited in a vacuum deposition process. The challenge is to deposit a several micrometer-thick homogenous layer on curved large-area substrates. A model layer stack is shown in Fig. 2.

1 Designstudie. © Volkswagen AG.

1 Design study. © Volkswagen AG.

embedded organics



PC-substrate

2

Die Basis bildet eine Gradientenschicht, die den Übergang vom weichen Polymersubstrat zur harten Kratzschuttschicht gewährleistet. In diese Schicht sollen organische UV-absorbierende Verbindungen integriert werden, die den UV-Schutz der Grenzfläche Schicht/Substrat übernehmen. Die oberste Schicht bildet eine harte kratzresistente Oxidschicht, die mit weiteren Zusatzfunktionen wie Heizbarkeit, Antenne oder easy-to-clean ausgestattet werden kann. Im Rahmen des Projekts konnten die Einzelkomponenten eines solchen Systems bereits hergestellt werden. Für einen industrietauglichen Prozess müssen alle Einzelprozesse in einer Anlage zusammengefasst werden. Hohe Abscheideraten und Substratgrößen bis hin zu Polycarbonatdachfenstern sind dabei zu realisieren.

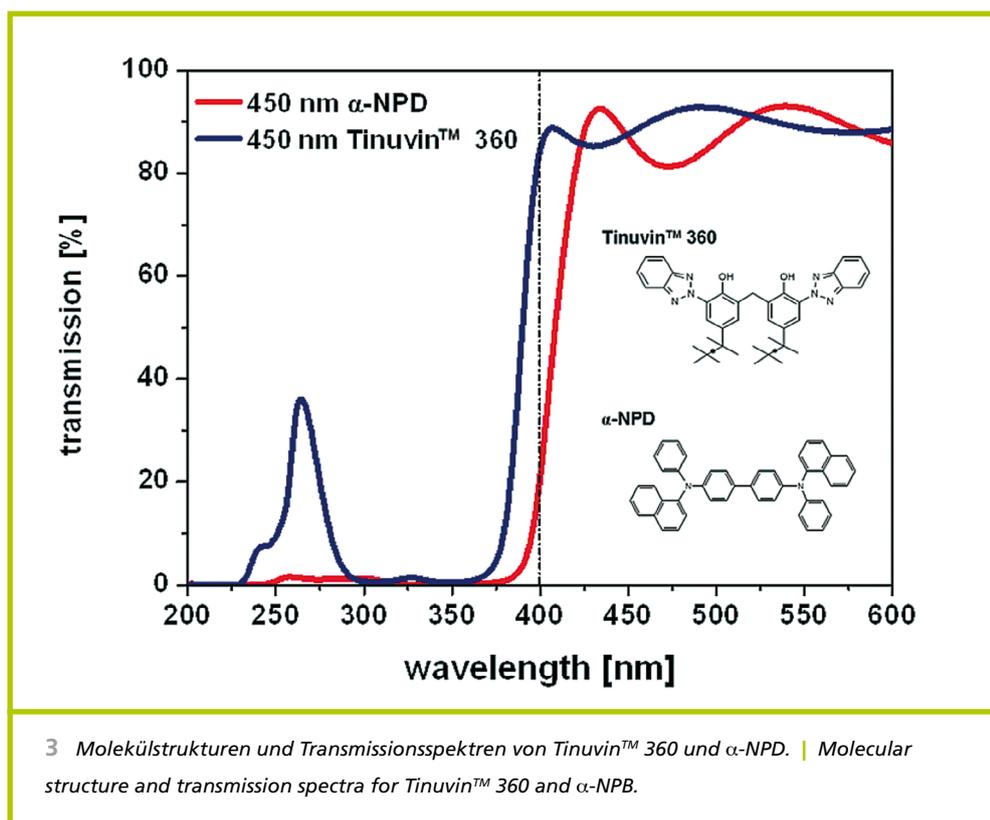
Das Fraunhofer IOF erforscht und entwickelt im Projekt insbesondere die auf organischen UV-Absorbieren basierenden UV-Schutzschichten. Zum Schutz der Polycarbonatoberfläche werden Verbindungen benötigt, die im Wellenlängenbereich von 290–400 nm die schädliche UV-Strahlung möglichst vollständig absorbieren. Besonders der Wellenlängenbereich nahe 400 nm ist schwierig zu blocken. Hier ist eine möglichst steile Absorptionskante gefordert, um einen ausreichenden UV-Schutz bis 400 nm zu gewährleisten, ohne einen Farbeindruck im sichtbaren Spektralbereich zu erzeugen. Geeignete Absorptionseigenschaften zeigen die Verbindungen Tinuvin™ 360, Tinuvin™ 1577 [2] oder das aus der OLED-Branche bekannte  $\alpha$ -NPD [3]. Diese Verbindungen können in einem Vakuumprozess thermisch verdampft werden. Dabei bilden Tinuvin™ 360 und  $\alpha$ -NPD transparente Einzelschichten mit geeigneten Absorptionskanten. (Abb. 3)

The base layer is a gradient layer which acts as transition zone between the soft polymer substrate and the hard scratch resistant layer. Organic UV-absorbing compounds have to be integrated in this layer to realize the UV protection of the layer/substrate interface. The top layer is realized by a hard oxide layer with optionally additional functional layers for heating, antenna or easy-to-clean. The single components of such a layer stack were realized in the context of the project. However, all the single processes have to be combined in one coating chamber for a process appropriate to industry.

In particular, the Fraunhofer IOF explores and develops the UV protection coating based on organic UV absorbing compounds. Therefore, organic compounds are needed which completely absorb the damaging UV radiation in the wavelength region of 290–400 nm. The wavelength region near 400 nm is especially hard to block. A steep absorption edge is required to obtain sufficient UV protection to 400 nm without any color impression in the visual spectral range. Suitable absorption behaviors are exhibited by the compounds Tinuvin™ 360, Tinuvin™ 1577 [2] or  $\alpha$ -NPB, known from the OLED industry [3]. These materials can be thermally evaporated in a vacuum process. Tinuvin™ 360 and  $\alpha$ -NPB are thereby deposited as a transparent single layer with an adequate absorption edge (Fig. 3).

In einem Schichtsystem müssen die organischen UV-Absorber in eine oxidische Matrix eingebettet werden. Durch eine Co-Verdampfung von SiO<sub>2</sub> und den organischen UV-Absorbieren können solche Mischschichten hergestellt werden. Geeignet ist hier der Absorber Tinuvin™ 1577, der keine geeigneten Einzelschichten bildet, aber transparente Mischschichten. Damit eine solche Schicht im Automobilbau Anwendung findet, werden anspruchsvolle Umwelttests mit wechselnden Klimabedingungen bezüglich Temperatur und Feuchte, aber auch mit simulierter Globalstrahlung oder abrasiven Medien durchgeführt.

The organic UV absorbers have to be embedded in an oxide matrix for application in a layer stack. Such mixed coatings can be realized with a co-evaporation of silica and the organic UV absorbers. Tinuvin™ 1577 does not work as a transparent single layer, but is suitable for transparent mixed layers. Challenging environmental tests with changing climate conditions considering temperature and humidity, as well as simulated global radiation and abrasive media are carried out before such a coating is used on automotive glazing parts.



Die Schichten müssen dabei ihre optischen und mechanischen Eigenschaften über Tausende Stunden beibehalten und die Schichthaftung muss gewährleistet bleiben.

Erste Langzeituntersuchungen von SiO<sub>2</sub>-Tinuvin™ 1577-Mischschichten auf Polycarbonat zeigten Haftungsbeständigkeit bis 1800 h UV-Bestrahlung, wo hingegen eine reine SiO<sub>2</sub>-Schicht auf Polycarbonat bereits nach 50 h delaminiert. Im letzten Projektabschnitt bis Ende 2011 muss das komplexe Schichtsystem seine Anwendungstauglichkeit bezüglich der Automobilstandards beweisen.

Diese Arbeit wurde vom BMBF im Rahmen des Projekts »Minerva« (Multifunktionale intelligente Verscheibung für Automobil und Verkehr) unter FKZ 03 X 3028 E gefördert.

The layers have to retain their optical and mechanical properties as well as the layer adhesion for thousands of hours of testing time.

First long-term experiments using SiO<sub>2</sub>-Tinuvin™ 1577-mixed-layers on polycarbonate show layer adhesion to 1800 h of UV radiation instead of 50 h for single SiO<sub>2</sub> layers. By the end of the project in 2011, the complex layer stacks will have to show their ability to fulfill automotive standards.

This work is funded by the BMBF in the context of the project "Minerva" (Multifunktionale intelligente Verscheibung für Automobil und Verkehr) under the code FKZ 03 X 3028 E.

## Literatur/References

- |1| Verbundprojekt »Minerva« im Programm »Werkstoffinnovation für Industrie und Gesellschaft – (WING)« des BMBF, Thema »Funktionsintegrierter Leichtbau«, FKZ 03 X 3028 E.  
Partner: Audi AG, Volkswagen AG, Applied Materials GmbH & Co. KG, plastic-design GmbH, Fraunhofer IST, Fraunhofer IOF.
- |2| Tinuvin™ 360 (2,2'-methylenebis(6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol) und Tinuvin™ 1577 (2-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-5-hexyloxy-phenol), BASF.
- |3| α-NPD (N,N'-Di(naphth-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin), Sensient Imaging Technologies GmbH.

## AUTHORS

*Christiane Präfke*

*Ulrike Schulz*

*Norbert Kaiser*

## CONTACT

*Christiane Präfke*

*Phone +49 3641 807-277*

*christiane.praefke@iof.fraunhofer.de*