



VERBESSERUNG DER VERKEHRSSICHERHEIT DURCH ANTIREFLEXIONSSCHICHTEN

DIE AUFGABE

Lichtreflexionen auf Glasoberflächen können zu erheblichen Sicherheitsrisiken im Straßenverkehr führen. Besonders betroffen sind Windschutzscheiben von Transit- und Stadtbussen. Durch deren vertikale Einbauweise in Verbindung mit der Innenbeleuchtung des Fahrgastraums kann es zu Sichtbeeinträchtigungen des Fahrers kommen mit Unfallfolge. Allein in den Vereinigten Staaten von Amerika gibt es jährlich 25.000 bis 30.000 Verletzte durch Unfälle mit Busbeteiligung, davon circa 1 Prozent mit tödlichem Ausgang.

Reflexionen treten auf, wenn Licht an den Grenzflächen von Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes zurückgeworfen wird. Der Brechungsindex (n) von Luft liegt beispielsweise bei ungefähr 1 im Vergleich zu Glas ($n \sim 1,5$).

Durch das Aufbringen dünner Schichten werden zusätzliche Grenzflächen geschaffen, die zu einer Phasenverschiebung und Abschwächung, bzw. Auslöschung optischer Wellen führen kann. Mittels gezielter Anpassung von Brechungsindex und Schichtdicke lassen sich so anwendungsbezogene Antireflexions (AR) – Beschichtungen erzeugen.

UNSERE LÖSUNG

Herkömmliche Antireflexionsschichten, wie beispielsweise für optische Filter, bestehen oft aus komplexen Multilagen- Schichtsystemen. In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner in Grand Rapids, Michigan USA, hat das Fraunhofer USA Center for Coatings and Diamond Technologies CCD ein deutlich vereinfachtes und kosteneffizientes Schichtsystem entwickelt.

Das Schichtkonzept basiert auf Minimierung der Reflexion im mittleren Wellenlängenbereich des sichtbaren Spektrums (550 nm). Um minimale Reflexionen zu erreichen, muss die Schicht einen mittleren Brechungsindex zwischen den angrenzenden Medien annehmen.

$$n_{AR} = \sqrt{(n_{\text{Medium 1}} \times n_{\text{Medium 2}})}$$

Für das Beispiel Glas – Luft wäre somit ein Brechungsindex von weniger als 1,3 notwendig. Materialien in diesem Bereich sind ausschließlich Salze, die sich nicht als beständige Dünnschichten eignen. Aus diesem Grund wird zunächst eine Schicht mit einer Brechzahl größer als Glas aufgebracht, gefolgt von einer zweiten Schicht, deren Brechzahl das Mittel zu Luft bildet. Das am CCD entwickelte Schichtsystem basiert auf diesem Konzept mit Aluminiumoxid (Al_2O_3 , $n \sim 1,7$) und Indium-Zinnoxid (ITO, $n \sim 2,0$) zur schrittweisen Anhebung des Brechungsindex, gefolgt von einer fluorierten diamantähnlichen Kohlenstoffschicht (F-DLC, $n \sim 1,4$) als Antireflexionsschicht.

Möglichst einfache Beschichtungsverfahren wurden angewandt mit der Zielsetzung der Skalierbarkeit auf Windschutzscheiben. Beide Metalloxide wurden mittels gepulstem DC Magnetron-Sputtern hergestellt. Die Abscheidung von Al_2O_3 erfolgte reaktiv von einem metallischen Target (99,99 Prozent Al), während ITO von einem keramischen Target ($\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ 90/10 Gew. Prozent) abgeschieden wurde. Die F-DLC Schichten wurden mit einer linearen Ionenquelle erzeugt mit einem Gasgemisch aus Ar, C_2H_2 , H_2 und CF_4 .



ERGEBNISSE

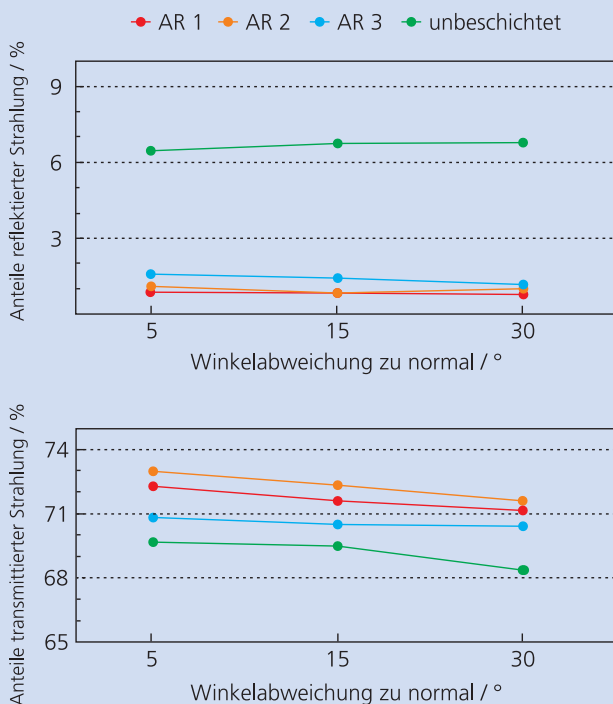
Die Entwicklung des auf F-DLC und Metalloxiden basierenden Antireflex-Schichtkonzeptes wurde durch das Verkehrsministerium der USA im Rahmen eines Förderprogrammes für kleine und mittelständische Unternehmen finanziert. Die am Fraunhofer CCD beschichteten Segmente aus Windschutzscheibenglas wurden am Transportation Research Institute der University of Michigan (UMTRI) hinsichtlich Reflexion und Transmission vermessen.

Abbildung 2 verdeutlicht den Effekt der AR-Beschichtung anhand einer halbseitig beschichteten Glasscheibe. Die Blendwirkung des Sonnenlichtes ist dramatisch reduziert und Details hinter der beschichteten Seite lassen sich deutlich besser erkennen.

Die Messungen am UMTRI wurden in einer Dunkelkammer mit Hilfe einer elektrischen Lichtquelle durchgeführt. Die Daten wurden unter 3 verschiedenen Winkeln aufgenommen (5°, 15° und 30° zu Normal) um das Sichtfeld des Busfahrers möglichst gut zu simulieren. Durch die Beschichtung des Automobilglases mit F-DLC konnte die Reflexion von nahezu 7 Prozent auf weniger als 1 Prozent reduziert werden (Abb. 3, oben).

Ebenfalls konnte nachgewiesen werden, dass die Transparenz des Glases durch die Dünnschichten nicht beeinträchtigt wird (Abb. 3, unten). Vielmehr konnte in allen Fällen eine leichte Zunahme registriert werden, was auf die reduzierte Brechung zurückgeführt werden kann. Für die Anwendung im Straßenverkehr bedeutet diese Ergebnisse mindestens 10 m mehr Sichtweite für den Fahrer, um Gefahren rechtzeitig zu erkennen und Unfälle zu vermeiden.

Anteile reflektierter (oben) und transmittierter (unten) Strahlung auf Windschutzscheibenglas mit und ohne Antireflexbeschichtung



- 1 Sichtbeeinträchtigung durch Reflexionen auf der Windschutzscheibe
- 2 Glas mit AR-Beschichtung auf der rechten Hälfte (linke Hälfte unbeschichtet)

KONTAKT

Dipl.-Ing. Lars Haubold

+1 517 432 8179

lhaubold@fraunhofer.org

