

1

Auszug aus dem Jahresbericht 2018
Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

ANTIREFLEXBESCHICHTUNG MIT DIAMANT

Vom Anwender meist unerkant, kommen Antireflexbeschichtungen (AR) heute in vielen Produkten des täglichen Lebens zum Einsatz. Sie begegnen uns auf Brillengläsern, den Bildschirmen von Smartphones oder Tablets, im Cockpit unserer Autos und – im Zeitalter von Smart Home – bald auch auf den Bedienelementen der Haussteuerung, dem Kühlschrank sowie der Waschmaschine. Neue Produkte und steigende Anforderungen erhöhen den Bedarf für immer gebrauchsfähigere AR-Schichten mit erhöhter Kratz- und Abriebbeständigkeit. Die wesentliche Innovation der Arbeiten des Fraunhofer IST bestand darin, die unübertroffen hohe Härte von Diamant erstmalig für die Verwendung in optischen Schichtsystemen verfügbar zu machen. Der Einsatz von Diamant verspricht die größtmögliche mechanische Belastbarkeit, die für optische Breitbandentspiegelungen erreicht werden kann.

Diamant als optische Schicht

Für die Entwicklung optischer Diamantschichten wurde die Heißdraht-CVD-Technologie (Hot Filament Chemical Vapour Deposition HFCVD) eingesetzt. Die Technologie wurde am Fraunhofer IST auf den weltweit größten Beschichtungsflächen industriell eingeführt und ist das einzige Verfahren, mit dem die Diamantabscheidung auf einer für optische Komponenten relevanten Größenskala vorstellbar ist. Der Einsatz für optische Anwendungen erfordert allerdings die Herstellung extrem dünner defektfreier Schichten in für CVD-Diamantschichten bisher unerreichter Qualität, was die Uniformität von Schichtdicke, Transparenz und Brechungsindex betrifft. Damit lag der Schwerpunkt der Arbeiten am Fraunhofer IST folgerichtig auf der Anpassung der HFCVD-Verfahrensschritte an das besonders herausfordernde Anforderungsprofil optischer Schichtsysteme.

Optische Simulation von Diamant-Antireflex-Systemen

Mit Hilfe optischer Simulation wurden unterschiedliche Antireflex-Systeme entworfen, realisiert und charakterisiert. Das einfachste Diamant-AR-Schichtsystem besteht aus einer

Diamantschicht und einer Deckschicht aus niedrigbrechendem Siliziumdioxid (SiO_2) mit aufeinander abgestimmten Schichtdicken (2-Schicht-AR-System). Darüber hinaus wurden für eine noch breitbandigere Entspiegelung im sichtbaren Spektralbereich vierlagige Schichtstapel entwickelt, in denen neben Diamant und SiO_2 noch Tantalpentoxid (Ta_2O_5) als zweites hochbrechendes Material verwendet wurde (4-Schicht-AR-System).

Abbildung 1 illustriert die mit beiden Diamant-AR-Schichtsystemen realisierte Entspiegelungswirkung. Links ist ein 2-Schichtsystem und rechts ein 4-Schichtsystem abgebildet, jeweils mit Diamant als vorletzter Teilschicht. Zum Vergleich ist darunter ein unbeschichtetes Quarzglas dargestellt. Um den jeweils erreichten Entspiegelungseffekt hervorzuheben, wurde bei beiden AR-Systemen jeweils im nach außen zeigenden Probendrittel die SiO_2 -Deckschicht weggelassen.

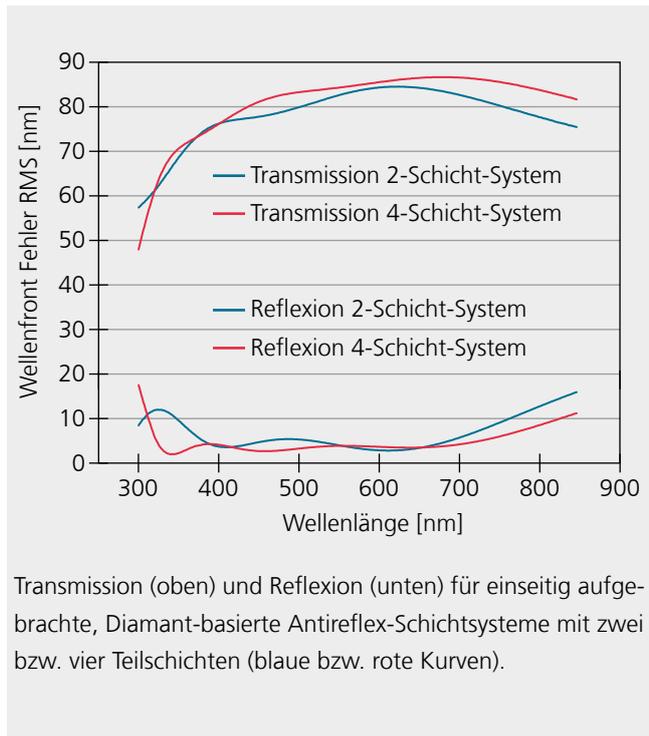
Zur quantitativen Beurteilung der erzielten Antireflexwirkung sind im nebenstehenden Diagramm Transmission und Reflexion für beide Schichtsysteme aufgetragen. Da beide beschichteten Gläser nur einseitig entspiegelt wurden, ist die Reflexion auch bei perfekter Entspiegelung nur auf einen Restwert von

1 2-Schicht- (links oben),
4-Schicht- (rechts oben) Anti-
reflex-Systeme im Vergleich zu
einer unbeschichteten Quarz-
probe (unten).

3,4 Prozent reduzierbar, was der Hälfte des Ausgangswerts entspricht. Mit dem einseitigen 2-Schichtsystem wurde eine Reflexminderung auf 4,9 Prozent erzielt, mit dem 4-Schichtsystem sogar ein Wert von 3,9 Prozent, jeweils gemittelt über den Spektralbereich von sichtbarem Licht.

Grundlage zur Weiterentwicklung

Die bisher realisierten diamantbasierten AR-Systeme erfüllen noch nicht alle Erfordernisse, jedoch wurden die prinzipielle Machbarkeit und das große Potenzial von Diamant-AR-Systemen erfolgreich nachgewiesen und dadurch die Grundlage für die Weiterentwicklung in Folgeprojekten geschaffen.



Transmission (oben) und Reflexion (unten) für einseitig aufgetragene, Diamant-basierte Antireflex-Schichtsysteme mit zwei bzw. vier Teilschichten (blaue bzw. rote Kurven).

KONTAKT

Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Kricheldorf
Telefon +49 531 2155-952
ulrich.kricheldorf@ist.fraunhofer.de