



1



2

Auszug aus dem Jahresbericht 2020
Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

UV-BANDPASSFILTER ZUR SONNENBEOBACHTUNG

Im Juni 2022 soll das ballongetragene Sonnenobservatorium »Sunrise III« seine Reise antreten. Ziel der Mission ist es, die Magnetfelder und die konvektiven Plasmaströme der unteren Sonnenatmosphäre zu untersuchen. Mit an Bord sind Bandpassfilter, die am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST entwickelt und hergestellt wurden und die Aufgabe haben, den Wellenlängenbereich auf den Detektoren auf die zu untersuchenden Wellenlängen einzugrenzen und höhere Ordnungen zu blockieren.

Bandpassfilter blocken das Licht vom UV- bis NIR-Spektralbereich

Im Rahmen der Mission »Sunrise III« wird die Sonne aus einer Flughöhe von etwa 37 Kilometern mit einem Teleskop untersucht. Zentraler Bestandteil ist das vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung gebaute UV-Spektropolarimeter (SUSI). Damit soll der Bereich von 300 bis 430 nm untersucht werden, was von der Erde aus nicht möglich ist, weil er durch die Atmosphäre gestört wird. Neben einer hohen Empfindlichkeit im ultravioletten Spektralbereich ist auch ein geringes Rauschen erforderlich.

Dafür sorgen die am Fraunhofer IST entwickelten Bandpassfilter. Die Wissenschaftler am Institut haben ein Schichtdesign für insgesamt vier Bandpassfilter mit Zentralwellenlängen zwischen 399 nm und 316 nm und einer Mindesttransmission von 80 Prozent berechnet. Zusammen mit der geforderten Blockung von bis zu OD5 im Bereich von 200 bis 1100 nm

waren jeweils mehr als 200 Schichten mit einer Gesamtdicke von 21 bis 23 µm notwendig. Eine Besonderheit liegt darin, dass Bandpass und Blocker einseitig aufgebracht wurden, um Mehrfachreflexionen zu vermeiden. Die Rückseite wurde lediglich mit einer Schicht zur Spannungskompensation und einem Antireflexsystem aus vier Schichten versehen. Dadurch konnte die Rückreflexion im Durchlasswellenlängenbereich unter 0,2 Prozent gehalten werden.

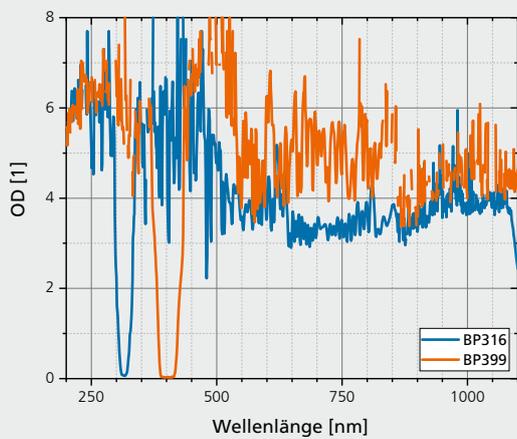
Herstellung der Bandpassfilter

Die Filter wurden auf der am Fraunhofer IST entwickelten Beschichtungsanlage EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) abgeschieden. Schichten für Filter im ultravioletten Spektralbereich müssen besondere Anforderungen erfüllen, da unterhalb von 400 nm die Absorption und die Streuung deutlich ansteigen. Bei der Herstellung der Filter für die Mission »Sunrise III« setzte das Fraunhofer IST auf neues Material. Während für den 355 nm- und den 399 nm-Filter

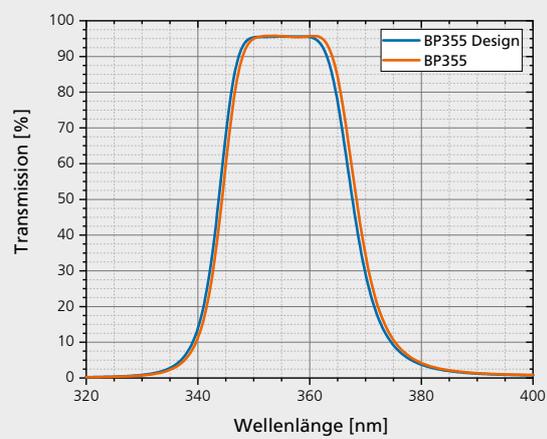
Zentralwellenlänge	Halbwertsbreite	Schichten	Gesamtdicke
316 nm	18 nm	252	21,6 µm
327 nm	20 nm	230	21,3 µm
355 nm	24 nm	216	21,3 µm
399 nm	32 nm	227	23,4 µm

Eigenschaften der Bandpassfilter und des zugehörigen Schichtdesigns.





Die Blockung der Bandpässe mit Zentralwellenlänge bei 316 und 399 nm.



Sehr genaue Deckung zwischen Messung des abgeschiedenen Filters und Design des Bandpasses bei 355 nm.

noch das etablierte Tantaloxid (Ta_2O_5) verwendet werden konnte, wurden für die beiden anderen neuartige Rohrtargets aus Zirkoniumoxid (ZrO_2) eingesetzt. Der im Target vorhandene Sauerstoff und die besonders hohe Reinheit ermöglichen somit im Zusammenhang mit der Oxidation durch eine RF-Plasmaquelle eine hohe Transmission und geringe Absorption. Zirkonium ist deutlich kostengünstiger als das oft verwendete Hafnium. Die Beschichtungen mit Zirkonium wurden durch Co-Sputtern von Silizium realisiert. Um eine Kristallisation und ein daraus resultierendes Streulicht zu vermeiden, enthalten die ZrO_2 -Schichten wenige Prozent SiO_2 .

Breitbandmonitoring – MOCCA® zur Prozesskontrolle

Der Beschichtungsprozess wurde jeweils mit Hilfe von dem ebenfalls am Fraunhofer IST entwickelten Monitoringsystem MOCCA® (Modular Optical Coating Control Application) überwacht und inklusive mehrerer Testglaswechsel gesteuert. Die Transmissionsmessungen zur Berechnung der jeweils aktuellen Schichtdicke erfolgten dabei im Bereich von 380 bis 1650 nm. Damit lag der Passbereich von drei Filtern außerhalb des Messbereichs. Dennoch konnten Lage und Form der Filter in sehr guter Übereinstimmung mit dem Design realisiert werden.

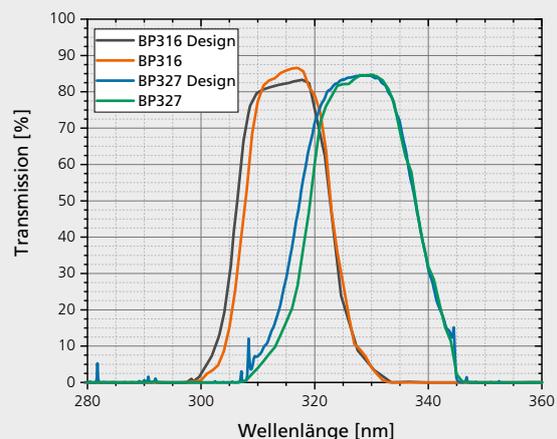
Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Prozessentwicklung mit Zirkonoxid-Rohrtargets wurde der mögliche Spektralbereich für optische Beschichtungen in Richtung UV erweitert und eine präzise Kontrolle von Beschichtungen auch außerhalb des während der Beschichtung gemessenen Spektralbereichs realisiert. Für Design und Abscheidung von Interferenzfiltern bieten sich dadurch neue Möglichkeiten.

Das Projekt

Die Arbeiten wurden gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts »EPIC-Lens« (FKZ 13N14583) und durch das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung im Rahmen des Projekts »Sunrise III«.

- 1 Rohrtarget für die EOS® aus unterstöchiometrischem Zirkoniumoxid.
- 2 Auf den Ecken gelagertes, beschichtetes Filtersubstrat in 3D-gedruckter Versandbox.



Vergleich zwischen Design und Messung der mit Zirkoniumoxid abgeschiedenen Filter. Nur der Filter bei 316 nm wurde nach der Abscheidung getempert.

KONTAKT

Dipl.-Phys. Stefan Bruns
 Telefon +49 531 2155 628
 stefan.bruns@ist.fraunhofer.de