

Auszug aus dem Jahresbericht 2011
Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

OPTISCHE FILTER FÜR DIE WELTRAUMANWENDUNG

Optische Messverfahren und -instrumente der unterschiedlichsten Art gewinnen im Bereich der Weltraumforschung immer mehr an Bedeutung. So ist geplant, die aktuelle Erforschung und Beobachtung des »Weltraumwetters« bzw. des Sonnenwinds mit Hilfe der Raumsonde »Solar Orbiter« voranzutreiben. Diese soll 2017 starten und mittels spektroskopischer Messverfahren genauere Aussagen zu den Vorgängen in der Sonnenkorona liefern. Auch das James Webb Space Telescope, Nachfolger des berühmten Hubble-Teleskops, kommt ohne hochpräzise Spektrometer nicht aus. In den meisten Fällen spielen bei den eingesetzten Messinstrumenten optische Beschichtungen eine entscheidende Rolle. Die Anforderungen an solche Schichten, die in erster Linie mit Vakuumverfahren PVD (engl.: Physical Vapour Deposition) abgeschieden werden, nehmen stetig zu. Am Fraunhofer IST wurde die neue Beschichtungsplattform EOSS® entwickelt und aufgebaut, mit der hochanspruchsvolle optische Schichten für Weltraumanwendungen abgeschieden werden können.

Das EOSS®-Beschichtungskonzept des Fraunhofer IST

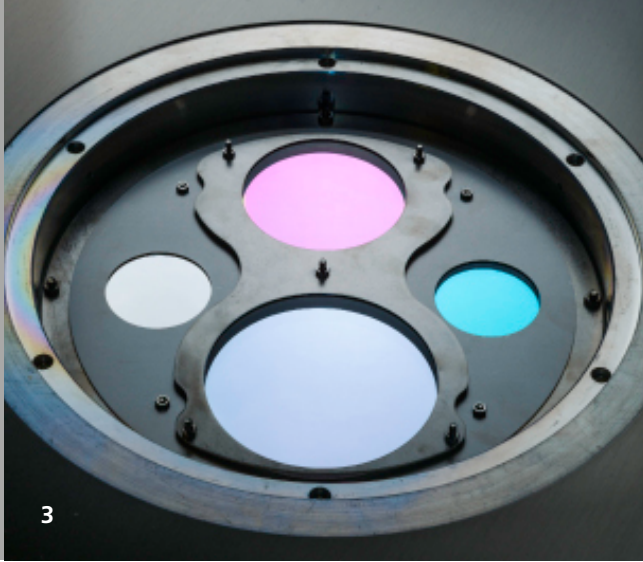
Mit dem EOSS®-Sputtersystem können neben extrem defektarmen Beschichtungen auch hochkomplizierte Schichtdesigns mit mehreren 100 Schichten bei extremer Präzision und Uniformität der Beschichtung im industriellen Maßstab mit hoher Prozesssicherheit realisiert werden. Die Dicke jeder einzelnen Schicht liegt dabei im Bereich weniger Nanometer. Es werden gleichzeitig bis zu zehn Substrate mit einem Durchmesser von jeweils 200 mm auf einem Drehteller angeordnet, der während des gesamten Beschichtungsprozesses kontinuierlich schnell rotiert. Durch den Einsatz zylindrischer Targets ergeben sich entscheidende Vorteile, da die Schichtdickenverteilung im Gegensatz zu planaren Targets extrem langzeitstabil ist. Die Abweichung liegt bei +/- 0,15 Prozent.

Die Schichtdickenverteilung auf optischen Systemen wie Linsen oder Filtern ist extrem wichtig, da geringste Abweichungen von der geplanten und notwendigen Schichtdicke direkt zu Fehlern in der Abbildung oder Analyse führen. Mit der EOSS®-Technik sind nicht nur fast absolut homogene Beschichtungen möglich,

sondern es können auch gezielte, laterale Gradientenfilter hergestellt werden.

Beispiel: Fluoreszenzuntersuchungen auf der Erde mit Hilfe optischer Filter

Hochpräzise optische Filter finden in Spektrometern Anwendung, die in Satelliten eingesetzt werden, um beispielsweise die Vegetation auf der Erde zu untersuchen. Zentrale Messgröße ist der Chlorophyllgehalt der Pflanzen, der letztlich für die Photosynthese und den Abbau von Kohlendioxid verantwortlich ist und damit einen Hinweis auf den Zustand der Vegetation gibt. Das Chlorophyll, der grüne Blattfarbstoff, wird durch Sonnenlicht angeregt und sendet eine elektromagnetische Strahlung spezifischer Wellenlänge aus. Das fluoreszierende Licht wird von einem empfindlichen Detektor im Spektrometer eingefangen. Das Schema eines typischen Spektrometers ist in Abbildung 2 dargestellt. Ein solches Spektrometer kann bis zu drei verschiedene Filter enthalten: Der Anregungsfilter dient dazu, nur das Anregungslicht durchzulassen und blendet alle Wellenlängen außer der gewünschten aus. Bei dem Strahlteiler



handelt es sich um einen dichroitischen Kantenfilter. Der Sperrfilter muss das Anregungslicht ausblenden. Filter in einem solchen System müssen außerordentlich hohen Anforderungen genügen, so muss der Filter in den unerwünschten Spektralbereichen eine optische Dichte von mehr als 6 (OD 6) haben.

Beispiel: Fernerkundung mit optischen Systemen in Satelliten

Ein weiteres Beispiel für optische Systeme in Satelliten ist die abbildende Spektroskopie, die u. a. für die innovative Fernerkundungstechnologie verwendet wird. Dabei wird ein großer, über den sichtbaren Bereich hinausgehender Wellenlängenbereich bildlich aufgezeichnet, um aus dem Weltraum Mineralien zu identifizieren oder Vegetationszustände zu messen. Präzise beschichtete Filter und Spiegel sind hier unerlässlich. Zunehmend werden hierbei auch gezielt inhomogene Filter eingesetzt (Gradientenfilter), so dass je nach Position auf dem Empfänger bestimmte Lichtanteile vorselektiert werden können.

Beispiel: Optische Präzisionsfilter für die Laserprojektion

Abbildungen 1 und 3 zeigen ein Beispiel eines optischen Filters, der mit der neuen EOSS®-Technologie hergestellt wurde. Es handelt sich hier um einen sogenannten »Notch«-Filter, bei dem die Lichttransmission im »grünen« Spektralbereich von 532 +/- 10 nm um 6 Zehnerpotenzen reduziert wird, die Transmission beträgt hier also < 10⁻⁴ Prozent. Im restlichen Spektralbereich zwischen 200 und 1100 nm hat der Filter eine hohe Transmission von > 95 Prozent. Ein solcher Filter dient in Abbildung 2 als Sperrfilter. Die hohe Sperrwirkung ist notwendig, weil die Fluoreszenzintensitäten sehr klein sind, und die Detektoren extrem geringe Lichtintensitäten messen können, so dass eine hohe Streulichtunterdrückung gewährleistet werden muss. Teilweise sind heute Notchfilter mit mehr als OD10 notwendig, die eine hohe Defektfreiheit der Schichten bedingen. Die EOSS®-Technologie ist in der Lage, auch solche extremen Anforderungen zu erfüllen.

1 Notch-Filter mit einer optischen Dichte von 6 bei 532 nm und eine breitbandigen Transmission zwischen 200 und 1100 nm.

2 Schema einer Anordnung zur Messung der Fluoreszenz.

3 Optische Filter, eingebaut im Beschichtungscarrier.

KONTAKT

Dr. Michael Vergöhl
Telefon +49 531 2155-640
michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de