



VIRTUELLE BESCHICHTUNGSLÄUFE ZUR DESIGN- UND PROZESSOPTIMIERUNG

COMPUTATIONAL MANUFACTURING FOR DESIGN- AND PROCESS OPTIMIZATION

Die Leistungsfähigkeit anspruchsvoller optischer Schichtsysteme wird in der Praxis unter anderem durch nie völlig vermeidbare Abweichungen in den Schichtdicken bzw. den optischen Konstanten der abgeschiedenen Schichten von den beim Design zugrunde gelegten Werten bestimmt. Die Abweichungen selbst sind anlagen- und prozessspezifisch. Um kostspielige Fehlchargen möglichst zu vermeiden, bietet es sich daher an, vor der eigentlichen Schichtpräparation die zu erwartende Gutausbeute unter Berücksichtigung der Spezifika der tatsächlich vorhandenen Abscheidetechnologie durch realistische Simulationsläufe (virtuelle Beschichtungen oder auch computational manufacturing) abzuschätzen. Das IOF hat in diesem Zusammenhang ein Simulationswerkzeug entwickelt, das statistische Schwankungen oder auch systematische Fehler in optischen Konstanten und Schichtdicken in ihrer Auswirkung auf die geforderte Spezifikation eines gegebenen Designs auslotet. Der am IOF geschaffene neuartige Lösungsansatz für die virtuellen Prozessläufe ist gekennzeichnet durch:

- Berücksichtigung flexibler Monitoringstrategien (Schwingquartzmonitoring, optisches Breitbandmonitoring mit dem Prozessphotometer OptiMon sowie daraus abgeleitete hybride Strategien)

The performance of advanced optical coatings is limited in practice by always present deviations in thickness and optical constants from the ideal values that have been presumed at the design stage. The mentioned deviations themselves are specific to the applied deposition systems and techniques. In order to avoid cost-intensive waste charges, it is therefore extremely useful to calculate the estimated production yield of a coating by realistic process simulation runs (so-called computational manufacturing) prior to real deposition experiments. In this context, IOF has developed a simulation tool that allows predicting the impact of small statistic fluctuations in optical constants and film thicknesses on the performance of a given coating design. Our novel solution is characterized by:

- The possibility to simulate flexible monitoring strategies (quartz monitoring, optical broadband monitoring with the OptiMon process photometer, as well as hybrid strategies)
- The exclusive use of Kramers–Kronig-consistent dispersion models for considering statistical fluctuations in optical constants
- The possibility of activating reoptimization routines through an interface to commercial OPTILAYER coating design software.

In the simulation, specific fluctuations in shutter reaction time and deposition rate are considered to comply with thickness

- Verwendung ausschließlich Kramers–Kronig–konsistenter Dispersionmodelle für die Berücksichtigung von Fluktuationen in den optischen Konstanten
- Möglichkeit zur automatischen Aktivierung von Reoptimierungsroutinen über Schnittstellen mit der kommerziellen OPTILAYER-Designsoftware

Der Simulation liegen neben prozessspezifischen Schwankungen in Shutterreaktionszeit und Ratenstabilität auch der Rauschpegel in den optischen in-situ Spektren sowie prozessbedingte Schwankungen in den optischen Konstanten zugrunde, die im Rahmen eines Multioszillatormodells erfasst werden können. Sämtliche als fehlerbehaftet betrachtete Größen werden dabei als gaußverteilt angenommen, wobei als Eingangsgrößen der jeweilige Mittelwert und die Standardabweichungen fungieren. Durch Verfälschung der Mittelwerte lassen sich die Auswirkungen systematischer Fehler auf den Beschichtungserfolg simulieren, wogegen die jeweils zugeordnete Standardabweichung den Einfluss zufälliger Fehler in der Simulation zugänglich macht. Statistische »Ausreißer« werden durch Apodisation der Verteilungsfunktion in der Simulation vermieden.

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des TACo-Projekts (Förderkennzeichen 16IN0408) durchgeführt. Die Autoren danken dem BMWi für die finanzielle Unterstützung.

errors relevant for quartz monitoring. In the case of optical broadband monitoring, typical in-situ optical measurement errors are implemented into the simulator software to understand their impact on the success of the deposition experiment. Fluctuations in optical constants of the films can be considered in terms of a multioscillator model with randomly distributed parameters. All relevant input parameters are assumed to be statistically distributed according to a Gaussian distribution law, defined by a statistical expectation value and a standard deviation. An intended falsification of the expectation values allows one to simulate the impact of systematic errors on the deposition success. The effect of stochastic errors becomes numerically accessible through the corresponding standard deviations. A suitable apodization of the distribution function prevents unwanted statistical outliers.

The authors gratefully acknowledge financial support by the BMWi in the frame of the TACo-project (grant 16IN0408).

AUTHORS

Steffen Wilbrandt

Karen Friedrich¹

Olaf Stenzel

Norbert Kaiser

¹*Technische Universität Chemnitz*

CONTACT

Dr. Steffen Wilbrandt

Phone +49 3641 807-272

steffen.wilbrandt@iof.fraunhofer.de

¹ *In-situ Prozessüberwachung bei Plasma-Ionen-gestützten Beschichtungsprozessen. / Advanced in-situ monitoring for plasma ion assisted deposition processes.*