

Online-Fehlerkorrekturen bei der plasmagestützten Abscheidung von Interferenzschichtsystemen



Olaf Stenzel



Steffen Wilbrandt



Christoph Gödeker



Manuela Holz



Norbert Kaiser

Heutige industrielle PVD-Beschichtungsverfahren für die Optik weisen noch immer eine eingeschränkte Reproduzierbarkeit auf. Die häufig eingesetzten einfachen Kontrolltechniken (Schwingquarz, optische Einwellenlängenmessung) haben eine Abschaltgenauigkeit in den Einzelschichtdicken von nur ca. 1 % zur Folge. Andererseits führen die ständig steigenden Anforderungen bei den optischen Übertragungseigenschaften zu einem verstärkten Bedarf an Schichtsystemen mit immer mehr Einzelschichten, die mit einer gesteigerten Genauigkeit und Reproduzierbarkeit sowohl der Schichtdicken als auch der optischen und nicht-optischen Materialeigenschaften auf unterschiedlichsten Trägermaterialien aufgebracht werden müssen. Grundsätzlich führen die oftmals immer noch zum Einfahren des Beschichtungsprozesses notwendigen Iterationszyklen zwangsläufig zu einem drastischen Anstieg der benötigten Prozessoptimierungszeit sowie zu einem bestimmten Satz an Fehlchargen, der außerdem durch nicht korrigierbare Prozessfehler gemehrt wird.

Im Rahmen des INNONET-Verbundprojekts »Tailored Automated Coating« (TACo) erarbeitet das IOF neuartige Lösungsstrategien für plasma-ionen-gestützt aufgedampfte Schichtsysteme, die unter anderem auf verbesserter in-situ-Überwachung des Beschichtungsprozesses und – falls notwendig – der Möglichkeit des gezielten Eingreifens in den Beschichtungsprozess basieren (sogenannte online-Fehlerkorrektur). Dabei wird unter Nutzung des am Fraunhofer IOF neuentwickelten online-Spektrometers »OptiMon« das Transmissionsspektrum der wachsenden

Schicht fortlaufend erfasst. Auf Basis der gemessenen Transmissionsspektren ermittelt eine in Kooperation mit der Staatlichen Universität Moskau von Prof. A. V. Tikhonravov entwickelte Software die tatsächlich erreichten Konstruktionsparameter des Schichtsystems, die permanent mit den Sollwerten verglichen werden. Sofern Abweichungen vom originalen Design (grüne Kurve in Abb. 2) auftreten, erfolgt (hier unter Nutzung der Designsoftware »Optilayer« /1/) eine online-Fehlerkorrektur durch Anpassung der Schichtdicken des noch abzuscheidenden Teils des Schichtdesigns, so dass die Zielspezifikation noch erreicht wird und eine Fehlcharge vermieden werden kann, die in einer konventionellen Prozessumgebung unvermeidlich gewesen wäre.

Erste Erfahrungswerte zeigen, dass insbesondere anspruchsvolle Spezifikationen, die Amplituden- und Phasentargets in Kombination beinhalten, durch Einsatz der online-Fehlerkorrekturen deutlich sicherer getroffen werden können. Die geschilderte Prozessführungsstrategie ist auch auf anderen Vakuumanlagen umsetzbar, soweit sie eine Kommunikation mit dem OptiMon-Prozessphotometer unterstützen.

Literatur:
/1/ www.optilayer.com.

Plasma-ion assisted deposition of interference coatings with online error compensation



The reproducibility of today's PVD deposition techniques is still limited by stochastic and systematic errors in film thickness values. Simple deposition control as accomplished by quartz or single wavelength optical monitoring results in typical relative thickness errors of around 1 %. The increased demand in coatings with improved optical properties leads, on the other hand, to the deposition of coatings with a permanently growing number of individual layers, with enhanced requirements concerning accuracy and reproducibility in film thickness and material properties. These requirements typically result in long-winded process optimization cycles and are necessarily connected with a certain amount of waste-charges. The latter naturally occur during the optimization period, but unfortunately also in normal production cycles when small process errors, which cannot be detected by conventional monitoring techniques, accumulate to an error level that disturbs the optical performance of the whole coating.

To comply with these problems, the IOF is participating in the joined INNONET-project "Tailored Automated Coating" (TACo). The task is to develop novel process monitoring strategies for plasma-ion assisted evaporation processes. Key components of the developed strategies include in-situ optical measurements at the growing film, real-time re-engineering and adaptation of the not yet deposited part of the design in order to compensate for deposition errors, if necessary (so-called online error compensation). Optical measurements are performed with the OptiMon transmission spectrometer, developed at IOF for deposition process control. The measured data are directly used for current film thickness determination by a software developed in collaboration with Moscow State University group of Professor Alexander Tikhonravov. The calculated thickness values are permanently compared to the required values, the latter corresponding to the green transmission curve in Fig. 2. Error compensation is performed by means of a thickness refinement procedure for the remaining

part of the design with OPTILAYER design software /1/, which leads to a somewhat modified design but with an optical performance still satisfying the original specification.

Our experience confirms that particularly demanding coating specifications, which include both amplitude and phase targets in combination, are more reliably satisfied with a deposition strategy which includes the possibility for permanent error compensation. The method and particularly the corresponding software and hardware may be transferred to any deposition system, as long as it satisfies minimum requirements on system interfaces to support communication with the OptiMon process photometer.

References:
/1/ www.optilayer.com.

Abb. 1: Schematische Darstellung des Zusammenspiels der einzelnen Hard- und Softwarekomponenten bei der online-Fehlerkorrektur.

Fig. 1: Sketch of the interaction between the relevant soft- and hardware components for online error compensation.

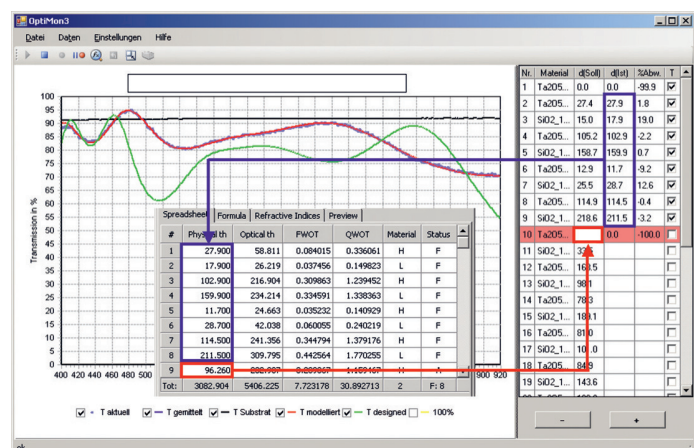
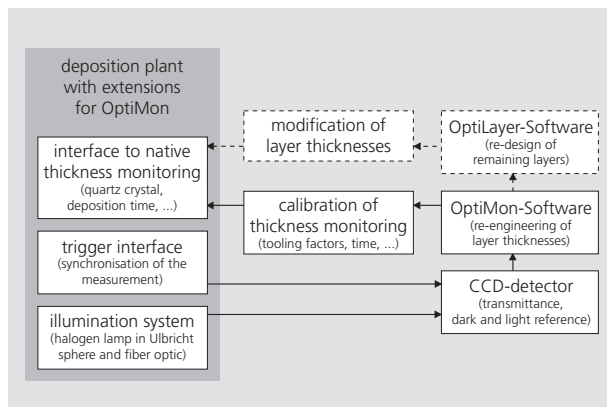


Abb. 2: Screenshot zur Verdeutlichung der Wechselwirkung des Analysemoduls (OptiMon) und des Designmoduls (Optilayer).

Fig. 2: Screenshot for visualizing the interaction between the characterization tool (OptiMon) and the design modul (Optilayer).