

**CONTACT**

Dr. Peter Frach

Phone +49 351 2586 370

peter.frach@fep.fraunhofer.de

PRÄZISIONSBESCHICHTUNG

Beschichtungstechnik und -technologie

Die Entwicklungsarbeiten sind darauf gerichtet, kosteneffiziente Technologien und deren Aufskalierung für die Präzisionsbeschichtung in der Herstellung von Produkten aus sehr verschiedenen Branchen, insbesondere der Optik, Sensorik und Elektronik bereitzustellen. Daher liegt ein Fokus unserer Technologieentwicklungen auf dem reaktiven Puls-Magnetron-Sputtern (PMS), das die Abscheidung von Verbindungsschichten sehr guter Qualität mit hoher Beschichtungsrate erlaubt. Die Nutzung verschiedener Reaktivgase (z. B. O₂, N₂, F₂, NH₃) oder Reaktivgasgemische erlaubt neben Standardmaterialien auch die Abscheidung von Verbindungen, die als Targetmaterial nicht oder nur zu hohen Kosten verfügbar sind. Vorteilhaft sind darüberhinaus die meist um eine Größenordnung höhere Beschichtungsrate (typisch 1 bis 4 nm/s stationär bzw. 30 bis 120 nm*m/min dynamisch) gegenüber dem Hochfrequenz-Sputtern vom Verbindungstarget und die Möglichkeit der Einstellung von Schichteigenschaften über den reaktiven Arbeitspunkt der Entladung. Durch die mit unseren Systemen gegebene technologische Möglichkeit Gradientschichten mit variabler Zusammensetzung über die Schichtdicke oder lateral auf der Substratoberfläche abzuscheiden, ergeben sich weitere Ansätze für neue Produkte. Beim Magnetron-PECVD-Prozess wird ein Precursor (z. B. SiH₄, HMDSO) in die Magnetron-Entladung eingelassen und anorganisch-organisch-hybride Schichten abgeschieden, die eine gute Anpassung an organische Substratmaterialien erlauben.

Neue Freiheitsgrade für anspruchsvolle Schichteigenschaftsportfolios

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Bereich Präzisionsbeschichtung ist die Entwicklung von Schlüsselkomponenten: Magnetrons, gepulste Energieeinspeisung, Gasregelung und Prozesssteuerung inkl. Schnittstellen zur Beschich-

tungsanlage. Mit dieser Technik und Technologie „aus einem Guss“ können hochgenaue und komplexe Anforderungen an die Schichtabscheidung erfüllt werden, wie sie aus vielen neuen und anspruchsvollen Anwendungen resultieren. Neben klassischen Optimierungsparametern wie Druck, Temperatur und Bias wurden am Fraunhofer FEP neue Freiheitsgrade erschlossen und die dafür notwendige Pulstechnik (Pulseinheit UBS-C2) entwickelt. Durch Einstellung von Pulsmodus (unipolar, bipolar, unipolar/bipolar hybrid) und Pulsparameter (Tastverhältnis) der Energieeinspeisung in das Plasma können der Energieeintrag in die wachsenden Schichten gesteuert und bisher nicht zugängliche Schichteigenschaften bzw. Eigenschaftskombinationen eingestellt werden – bei gleichzeitig hoher Beschichtungsrate. Integrierte prozessnahe Mess- und Regeltechnik für die Reaktivgaszufuhr sowie die Nachführung des Magnetfeldes im Verlauf der Targetzeit sichern zudem eine hohe Reproduzierbarkeit der Plasmabedingungen und damit der Schichteigenschaften im Dauerbetrieb.

Anwendungsbeispiele

- Optische Multilagen- oder Gradienten-Interferenzschichtsysteme hoher Schichtqualität z. B. für Laseroptiken und für autostereoskopische 3D-Displays
- Piezoelektrische Schichten mit hohen Piezoeffizienten für Mikrosysteme (MEMS), Hochfrequenzfilter (BAW), die Ultraschallmikroskopie sowie Mikroenergiegewinnung
- Elektrische Isolationsschichten für Sensoren (u. a. bauteilintegriert), für die Mikroelektronik und für die Photovoltaik
- Funktionelle Schichten für Oberflächenwellen-Bauelemente, elektronische und MEMS-Komponenten
- Passivierungs-, Schutz- und Barrierschichten für Sensorik und Elektronik
- TiO₂-Schichten für Produkte mit photokatalytischen, antimikrobiellen und photo-induzierten superhydrophilen Eigenschaften sowie für die Gas- und Feuchtesensorik

PRECISION COATING

Coating engineering and technology

The development work is oriented toward providing scalable, cost-effective technologies for precision coating of products in various sectors of manufacturing, particularly in optics, sensors, and electronics. For this reason, one focus of our technological development work is on reactive pulse magnetron sputtering (PMS) that allows very high-quality deposition of layers of compounds at high coating rates. In addition to standard materials, the use of various reactive gases (e. g. O₂, N₂, F₂, NH₃) and mixtures of reactive gases also allows deposition of compounds that are either not available or too expensive as target materials. Moreover, the higher coating rates – usually an order of magnitude greater (typically 1 to 4 nm/s stationary and 30 to 120 nm*m/min dynamically) than high-frequency sputtering of the target compound – are advantageous, as is the possibility of setting the characteristics of the layers via the reactive operating point of the discharge. The technological ability provided by our systems to deposit gradient layers of variable composition vs. applied coating thickness and to deposit gradient layers laterally onto a substrate surface creates new approaches for new products. In the magnetron PECVD process, a precursor (e. g. SiH₄ or HMDSO) is introduced into the magnetron discharge and inorganic-organic-hybrid layers are deposited that can be well adapted to organic substrate materials.

New degrees of freedom to meet a demanding portfolio of layer properties

One focus of work in the Precision Coating division is the development of key components: magnetrons, pulsed application of power, gas regulation, and process control including interfaces to the coating equipment. With the engineering and technology coordinated and developed under one roof, requirements for complex and highly

accurate layer deposition resulting from many new and demanding applications can be satisfied. In addition to the conventional optimizing parameters like pressure, temperature, and bias, the Fraunhofer FEP developed new degrees of freedom in deposition and the necessary pulse engineering for them (external high-speed UBS-C2 pulse controller). By setting the pulse mode (unipolar, bipolar, or unipolar/bipolar hybrid) and duty cycle of the pulsed power supply to the plasma, the energy input to the accumulating layers can be controlled to select and produce layer properties and combinations of properties not previously obtainable – while at the same time at high coating rates. Integrated measurement and control engineering for the supply of reactive gas as well as tracking the magnetic field during the target erosion period additionally ensure high reproducibility of the plasma conditions and thus layer properties under continuous operation.

Application examples

- Optical interference multi-layer or gradient-layer systems with high quality for laser optics and stereoscopic 3D displays
- Piezoelectric layers with high piezo coefficients for microelectromechanical systems (MEMS), high frequency electronic components (BAW), ultrasonic microscopy as well as systems for micro-energy harvesting
- Electrical insulation layers for sensors (incl. integrated components), microelectronics, and photovoltaics
- Active layers for surface-wave components, and for electronic and MEMS components
- Passivation, barrier, and protective layers for sensors and electronics
- TiO₂ layers for products with photocatalytic, antimicrobial, and photo-induced superhydrophilic properties as well as for gas and moisture sensing