

PRESSEINFORMATION

11 | 24

PRESSEINFORMATION

29. Oktober 2024 | Seite 1 / 3

Digitalisierung von Beschichtungsprozessen für hochauflösende Ultraschallsensoren

Piezoelektrische Schichten spielen eine Schlüsselrolle in der Medizintechnik, Mikroelektronik und Sensorik, etwa bei der Herstellung von Ultraschallmikroskopen, die immer kleinere Halbleiterbauelemente und biologische Zellstrukturen untersuchen. Die steigenden Anforderungen an die Qualität und Reproduzierbarkeit dieser Schichten stellen jedoch hohe Ansprüche an die komplexen Beschichtungsprozesse, bei denen viele Parameter präzise aufeinander abgestimmt werden müssen. Um diese Herausforderung zu meistern, entwickelt das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts DigiMatUs (FKZ 13XP5187D) einen digitalen Zwilling des Beschichtungsverfahrens für piezoelektrische Dünnschichten. Dies ermöglicht die digitale Abbildung und Optimierung der Prozesse und führt zu einer deutlichen Verbesserung der Leistung und Reproduzierbarkeit von Ultraschallsensoren.

Piezoelektrische Schichten spielen eine zentrale Rolle in der Medizintechnik, der Mikroelektronik und der Sensorik, insbesondere bei der Herstellung von Ultraschallmikroskopen. Diese Mikroskope ermöglichen es, immer kleinere Strukturen, wie Halbleiterbauelemente oder biologische Zellen, zu untersuchen.

Piezoelektrische Dünnschichten sind hochkristalline Schichten, bei denen durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine Verformung des Materials auftritt, wodurch z.B. Schallimpulse ausgesendet werden können. Durch angepasste Schichteigenschaften und Schichtdicken, sowie sehr schnelles Anlegen dieser Spannung lassen sich Ultraschallimpulse aussenden. Für höhere Frequenzen und damit bessere Auflösung der Ultraschallmikroskope sind immer kürzer werdende Abstände der Schallimpulse notwendig. Die Anforderungen an die Schichtqualität und dementsprechend Prozessqualität steigen damit mit zunehmender Zielfrequenz stark an.

Um diesen wachsenden Anforderungen gerecht zu werden, arbeiten sechs Partner im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Gemeinschaftsprojektes DigiMatUs an der Digitalisierung von Beschichtungsprozessen zur Herstellung hochauflösender piezoelektrischer Ultraschallsensoren. Das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden entwickelt in diesem Kontext einen digitalen Zwilling des Beschichtungsverfahrens für piezoelektrische Dünnschichten auf Basis von Aluminiumnitrid (AlN) und Aluminiumscandiumnitrid (AlScN). Die Schichtabscheidung findet an den Clusteranlagen des Fraunhofer FEP mittels Puls-Magnetron-Sputterprozessen statt. Dabei werden die vielfältigen

Gefördert durch das
Bundesministerium für
Bildung und Forschung.
Förderkennzeichen: 13XP5187D



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Prozessparameter und Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf die Schichteigenschaften untersucht und digital erfasst. Die Basis der Datenanalyse stellt eine gemeinsam mit den Projektpartnern erarbeitete Ontologie für Dünnschichtmaterialien und -prozesse dar. Eine Ontologie beschreibt hierbei ein formales System zur Klassifizierung und Strukturierung von Wissen in einem bestimmten Fachgebiet, um Zusammenhänge und Eigenschaften klar abzubilden. Die dadurch zu realisierende digitale Abbildung der Materialien und Verfahren ermöglicht eine präzise Modellierung und Optimierung der Prozessabläufe. So lassen sich Prozess- und Materialeigenschaften detailliert analysieren, was zu einer verbesserten Leistung und Reproduzierbarkeit der Ultraschallsensoren führt und auch weitere Entwicklungsschritte effizienter umsetzbar macht.

„Die Entwicklung der Modelle stellt eine besondere Herausforderung dar, da eine Vielzahl von Prozessparametern und deren Wechselwirkungen berücksichtigt werden müssen. Insbesondere die vergleichsweise geringe Anzahl an Datenpunkten bei gleichzeitig großem Parameterraum stellt hohe Anforderungen an die Entwicklung einer robusten Abbildung der Realität. Das Fraunhofer FEP bringt hier seine langjährige Expertise in der Dünnschichtprozessierung und -charakterisierung ein und schafft damit die Grundlage für eine effizientere und digital gestützte Produktion,“ erklärt Dr.-Ing. Stephan Barth, Projektleiter am Fraunhofer FEP.

Das Projekt nutzt modernste Technologien wie Ontologien und Künstliche Intelligenz (KI), um die Zusammenhänge zwischen den Prozessparametern zu analysieren und zu beschreiben. So können beispielsweise Vorhersagen darüber getroffen werden, wie Veränderungen im Beschichtungsprozess – wie die Anpassung der Kathodenspannungen, der Substrattemperatur oder des Beschichtungsdrucks – die Materialeigenschaften beeinflussen. Dies ermöglicht eine gezielte Optimierung der Schichten und verbessert die Effizienz der Prozessentwicklung.

Im Rahmen des bisherigen Projektablaufs wurde gemeinsam mit den Projektpartnern eine erste Version der Dünnschicht-Ontologie entwickelt, die digitale Erfassung und Verarbeitung von Anlagen- und Prozessparametern der Anlagen am Fraunhofer FEP erweitert, sowie verschiedene Materialeigenschaften der Dünnschichten auf den Glaskörpern der Objektive in Abhängigkeit dieser Parameter bestimmt. Testsubstrate wurden an den Anlagen des Fraunhofer FEP beschichtet und an die Projektpartner übergeben, um eine Charakterisierung entlang der weiteren Wertschöpfungskette zu realisieren. Die bisher gesammelten Daten bilden die Grundlage für die Entwicklung der KI-Modelle des Projektpartners Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Im Projektverlauf werden die Ontologie und KI-Modelle sukzessive weiterentwickelt, um eine bessere Abbildung der Realität umzusetzen. Anhand der erarbeiteten Modelle erfolgen weitere Beschichtungen von Testsubstraten für die Charakterisierung am Fraunhofer FEP und bei den Projektpartnern zu Verbesserung der Modelle.

Neben der Optimierung der Ultraschallsensorik eröffnen die Projektergebnisse auch neue Möglichkeiten für andere Anwendungen, die auf Dünnschichttechnologien basieren. Die digitale Abbildung der Material- und Prozessdaten durch die Dünnschicht-Ontologie und die KI-Modelle kann wiederverwendet und auf ähnliche Beschichtungsprozesse übertragen werden, was die Forschung und Entwicklung neuer Materialien in Zukunft stark beschleunigen wird.

Projektinformationen

DigiMatUs – Digitalisierung der Materialforschung an Dünnschichtmaterialien am Beispiel von hochauflösenden piezoelektrischen Ultraschallsensoren

Fördergeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen: 13XP5187D
Projektlaufzeit: 01.04.2023 – 31.03.2026

Projektpartner:

- PVA TePla Analytical Systems GmbH
Digitalisierung von Beschichtungsprozessen und Materialforschung von piezoelektrischen Ultraschallsensoren
- scia Systems GmbH
Definition der Hardwareschnittstelle zur Sensorik
- Plasus GmbH
Digitalisierung der Prozessdiagnostik für Vakuumabscheideverfahren
- Fraunhofer FEP
Digitale Beschreibung von Abscheideverfahren für piezoelektrische Dünnschichten
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Ontologieentwicklung und neurosymbolische Vorhersagen für piezoelektrische Dünnschichtabscheideverfahren
- Technische Universität Bergakademie Freiberg
Charakterisierung und simulationsgesteuerte Optimierung von Dünnschichtsystemen für die Ultraschallmikroskopie

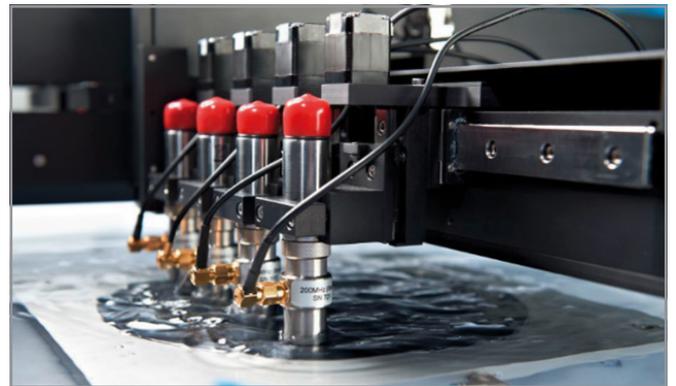
Weitere Informationen: www.materialdigital.de/project/16



Clusteranlagen des Fraunhofer FEP für Puls-Magnetron-Sputterprozesse

© Fraunhofer FEP

Bildquelle in Druckqualität: www.fep.fraunhofer.de/presse



Ultraschallköpfe mit integrierten piezoelektrischen Dünnschichten

© PVA TePla Analytical Systems GmbH

Bildquelle in Druckqualität: www.fep.fraunhofer.de/presse

Das **Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP** arbeitet an innovativen Lösungen für die Vakuumbeschichtung sowie die Behandlung von Oberflächen, Flüssigkeiten und Gasen. Aufbauend auf unsere Kernkompetenzen Elektronenstrahltechnologie, Magnetron-sputtern und plasmaunterstützten Oberflächenverfahren entwickeln wir ressourceneffiziente Prozesstechnologien. Diese Technologien finden Anwendung in den Bereichen Energie und Nachhaltigkeit, Life Sciences, Umwelttechnologien, Smart Building und Digitalisierung. Das Fraunhofer FEP ermöglicht ein breites Spektrum an Forschungs-, Entwicklungs- und Pilotfertigungsmöglichkeiten, insbesondere für die Oberflächenbehandlung und Veredelung. Gemeinsam mit Partnern entstehen maßgeschneiderte, industrietaugliche Lösungen, die das Innovationspotenzial zukunftsweisender Beschichtungstechnologien ausschöpfen und für die Produktion von morgen nutzbar machen.