

SmartNanoTop

Smart switchable nanostructured topologies

Programm / Ausschreibung	F&E Infrastruktur, F&E Infrastruktur, F&E Infrastruktur 2. Ausschreibung	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2019	Projektende	31.12.2021
Zeitraum	2019 - 2021	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Two-photon Nanolithography; Nanostructure; 3D Topology; Metamaterials; Additive Nanomanufacturing		

Projektbeschreibung

Nanokristalline Materialien, metallische Gläser sowie deren Verbundwerkstoffe besitzen aufgrund ihrer Mikrostruktur hervorragende strukturelle und funktionelle Eigenschaften. Dies ist ein sehr aktives Forschungsgebiet, in dem ÖAW-ESI eine international renommierte Institution darstellt. Eine aktuelle Herausforderung besteht darin, dass diese einzigartigen Materialien nur massiv, als Pulver oder als dünne Filme synthetisiert werden können. Das schränkt die Möglichkeit Materialien und Strukturen mit optimierten Eigenschaften zu entwerfen stark ein. Um ein komplexes topologisches Design zu ermöglichen, müssen Materialien auf einer Längenskala im Bereich von 100 nm bis zur Submikrometerskala in 3D manipuliert werden, da in diesen Dimensionen die vorteilhaften Effekte, die durch nanostrukturierte Materialien erzielt werden können, sehr effektiv sind. Folglich besteht ein hoher Bedarf an 3D-Topologien und adaptiven Oberflächen sowohl in der Grundlagenforschung als auch für potenzielle industrielle Anwendungen.

Daher wird im Rahmen dieses Projekts eine 3D-Laserlithographieanlage erworben und von ÖAW-ESI in Betrieb genommen. Diese neuartige Technik ermöglicht es 3D-Strukturen wie Gitter, Federn, Drähte oder beliebige komplexe Topologien auf Polymerbasis mit einer Auflösung kleiner 200nm auf einfache Weise zu erzeugen. Die Strukturen können anschließend durch stromlose Metallisierung mit nanostrukturierten Metallen oder metallischen Gläsern beschichtet werden. Darüber hinaus werden wir diese Polymerstrukturen in Zusammenarbeit mit Partnern der MUL direkt funktionalisieren, um sie für die Galvanisierung leitfähig zu machen, oder sie als strukturierte Substrate für physikalische Dampf- oder Clusterabscheidungstechniken verwenden.

Die Infrastruktur wird in der Anlaufphase dieses Projekts genutzt, um neuartige Meso-Strukturen mit einzigartigen Eigenschaften in verschiedene Forschungsbereiche zu integrieren. Ein Schwerpunkt wird auf nanostrukturierten Mikrogittern liegen, die extrem feste Leichtbauwerkstoffe ermöglichen. Diese Strukturen können weiter hinsichtlich ihrer Zähigkeit verbessert werden, indem dedizierte Rissstopper hinzugefügt werden. Weiters können die Materialien hinsichtlich ihrer Porosität auf Strahlungsbeständigkeit optimiert werden. Ein anderer Aspekt betrifft flexible metallische Gläser, bei denen hohle Mikrogitter die inhärente Sprödigkeit amorpher Materialien überwinden und das Design von neuartigen nanodämpfenden Elementen ermöglichen. Darüber hinaus erlaubt die Verwendung von nanostrukturierten hartmagnetischen Materialien, diese Meso-Strukturen als magnetische Schalter zu funktionalisieren. Das ermöglicht die Schaffung von adaptiven Materialoberflächen für die Einstellung von gewünschten akustischen Eigenschaften.

Nach erster Nutzung im Rahmen des Projekts wird die Infrastruktur in einem nicht-wirtschaftlichen Umfeld betrieben, wobei der Zugang für potenzielle Nutzer auf Grundlage eines exzellenten wissenschaftlichen Antrags erfolgt.

Abstract

It is well known that due to their outstanding microstructure, nanocrystalline materials, metallic glasses and their composites possess excellent structural and functional properties. This is an internationally highly active research field, in which ÖAW-ESI is a well-established institution. A current challenge for all researchers is that such unique materials can only be synthesized in bulk form, as powders, or thin films. This severely limits the possibility to design materials and structures with optimized properties. To enable complex topological design, it is necessary to manipulate materials on a length scale in the 100 nm to sub-micron range in a 3D manner, as in these dimensions the beneficial effects achievable by nanostructured materials are highly effective. As such, there is a high demand for architected 3D topologies and adaptive surface design in basic research and potential industrial application.

Therefore, within this project a 3D laser lithography unit will be purchased and put into operation by ÖAW-ESI. This novel experimental capability allows to create 3D structures such as lattices, springs, wires or arbitrary complex topologies on a polymer basis with a resolution better than 200 nm in a straight forward manner. These topologies are subsequently coated with nanostructured metals or metallic glasses by electro-less plating. Furthermore, in collaboration with partners from MUL, we will also directly functionalize these polymeric structures to render them conductive for electroplating or use them as structured substrates for physical vapour or cluster deposition techniques.

The infrastructure will be used during the ramp up phase within this project to design novel meso-structures with unique material properties in several different research areas. A focus will be placed on nanostructured micro-lattices that allow for extremely strong lightweight materials. These structures can be further enhanced by adding built-in crack arrestors for toughness improvement, and optimized with respect to their porosity for radiation tolerance. Another aspect regards flexible metallic glasses, where hollow micro-lattices will enable to overcome the inherent brittleness of amorphous materials, building a path towards the design of nanodampening elements. Furthermore, use of nanostructured hard magnetic materials will permit these meso-materials to actuate as magnetic switches. This subsequently enables for example the creation of adaptive material surfaces for designed acoustic properties.

After this initial use within the project, the infrastructure will be operated in a non-economic setting, with access provided based on the excellence of a scientific proposal of potential users.

Projektpartner

- Österreichische Akademie der Wissenschaften