

Meta Fab

Metasurface and Metamaterial Fabrication for Innovation in Science and Technology

| | | | |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| Programm / Ausschreibung | Kooperationsstrukturen, Kooperationsstrukturen, F&E-Infrastrukturförderung Ausschreibung 2023 | Status | laufend |
| Projektstart | 01.09.2024 | Projektende | 31.08.2027 |
| Zeitraum | 2024 - 2027 | Projektlaufzeit | 36 Monate |
| Keywords | meta surface, meta material, ellipsometry, STED-inspired lithography, electron beam lithography | | |

Projektbeschreibung

Metamaterialien sind eine neue Klasse von Materialien, deren Eigenschaften nicht durch die Ausgangsmaterialien bestimmt werden, sondern durch die besondere Strukturierung und Kombination bekannter Materialien. Damit lassen sich Funktionen realisieren, die mit herkömmlichen Materialien nicht möglich sind, wie z. B. Materialien mit negativem Brechungsindex. Derzeit versprechen vor allem Meta-Oberflächen große Fortschritte. Durch ihre Strukturierung auf einer Skala kleiner der Wellenlänge des Lichts lässt sich die Lichtausbreitung nahezu beliebig manipulieren. Sie kombinieren die Flexibilität der Freiformoptik mit einem extrem kleinen und leicht zu integrierenden Formfaktor - einer ebenen Fläche. Durch selektives Einbringen von Materialien mit schaltbaren Eigenschaften, z. B. durch einen Phasenübergang im Material, können auch schaltbare Optiken hergestellt werden.

Zu den sich abzeichnenden Anwendungen gehören die Extraktion und Manipulation von Photonen für die Quantenwissenschaften und -technologien wie die Sortierung von Photonen mit Drehimpuls. Neben diesen optischen Anwendungen werden Meta-Oberflächen auch in der Biologie als Substrate für das Zellwachstum (oder dessen Verhinderung) eingesetzt. Die Kommerzialisierung von Meta-Oberflächen wird durch Anwendungen in der Automobil- und Roboterindustrie vorangetrieben, die auf rekonfigurierbaren Meta-Oberflächen basierende RFID-Technologie, effiziente Kfz-Beleuchtung oder Radarsysteme und Millimeterwellen-Technologie auf der Grundlage energieeffizienter rekonfigurierbarer Meta-Oberflächen einsetzen.

Allen Ansätzen zur Herstellung dieser Metamaterialien ist gemeinsam, dass eine Strukturierung weit unterhalb der Wellenlänge des Lichts erforderlich ist. Das Projekt Meta-Fab zielt darauf ab, eine Einrichtung für die Herstellung und Erforschung solcher Metaoberflächen und Metamaterialien zu schaffen. Durch die Kombination von komplementären Herstellungsverfahren (Elektronenstrahlolithographie mit großem Schreibfeld, optische Zwei-Photonen- und STED-inspirierte Nanolithographie zur dreidimensionalen Strukturierung) und die Möglichkeit der Charakterisierung mittels eines abbildenden Ellipsometers entsteht ein einzigartiger Gerätepark.

Für oberösterreichische Industrieunternehmen und Start-ups ermöglichen die im Projekt beschafften Geräte nicht nur, die eigene Forschung und Entwicklung voranzutreiben, sondern auch die Produktion von Kleinserien. Meta-Oberflächen lassen sich zum Beispiel relativ einfach im Nano-Imprint-Verfahren herstellen, die Herstellung der dafür notwendigen Stempel ist jedoch komplex und erfordert die im Projekt vorgesehenen Maschinen.

Das Design, die Entwicklung und die Optimierung von Meta-Materialien und Meta-Oberflächen birgt ein großes Potenzial, um den Fortschritt in zukünftigen quantenoptischen Anwendungen, Photonik, Optoelektronik und Lichtkonversion voranzutreiben - Bereiche, für die die JKU weltweit bekannt ist.

Abstract

Metamaterials are a new class of materials whose properties are not determined by the starting materials, but by the special structuring and combination of known materials. This makes it possible to realise functions that cannot be achieved with conventional materials, such as materials with a negative refractive index.

In particular metasurfaces promise great current progress. By structuring them on a scale smaller than the wavelength of light, they can be used to manipulate light propagation almost at will. They combine the flexibility of free-form optics with an extremely small and easily integrated form factor - that of a flat surface. By selectively introducing materials with switchable properties, e.g. through a phase transition in the material, switchable optics can also be produced.

Emerging applications include photon extraction and manipulation for quantum science and technologies and sorting of so called orbital angular momentum light states. Besides these optical applications, meta-surfaces have applications in biology as substrates for cell growth (or the prevention of it). The commercialization of meta-surfaces is driven forward by applications in the automotive and robotic industry to have reconfigurable meta-surface-enabled RFID technology, efficient automotive lightening, or radar systems and millimetre-wave technology based on energy-efficient reconfigurable meta-surfaces.

What all approaches to producing these metamaterials have in common is that structuring far below the wavelength of light is required. The Meta-Fab project aims to create a facility for the production and research of such metasurfaces and metamaterials. The combination of complementary manufacturing processes (electron beam lithography with a large writing field, optical two-photon and STED inspired nanolithography for three-dimensional structuring) and the possibility of characterisation using an imaging ellipsometer creates a unique equipment pool.

For Upper Austrian industrial companies and start-ups, the equipment procured in the project will not only enable them to advance their own research and development, but also to produce small series. Meta-surfaces, for example, can be produced relatively easily using nano-moulding processes, but the production of the necessary stamps is complex and requires the machines provided in this project.

The design, development, and optimisation of meta-materials and meta-surfaces holds a great potential to boost progress in future quantum optical applications, photonics, optoelectronics and light conversion purposes, areas for which JKU is well known worldwide.

Projektpartner

- Universität Linz